

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

EP00/3267



REC'D 07 JUL 2000
WIPO
PCT

EJU

10/009394

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 199 20 801.8

Anmeldetag: 6. Mai 1999

Anmelder/Inhaber: BASF Coatings AG, Münster, Westf/DE

Bezeichnung: Hochkratzfeste mehrschichtige Lackierung, Verfahren zu ihrer Herstellung und ihre Verwendung

IPC: B 05 D, C 08 J, C 09 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Anmeldung.

München, den 16. Juni 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
 Im Auftrag

Brandt

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Hochkratzfeste mehrschichtige Lackierung, Verfahren zu ihrer Herstellung und ihre Verwendung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine neue hochkratzfeste mehrschichtige Klarlackierung
5 auf der Basis mindestens zweier mit aktinischer Strahlung härtbarer Beschichtungsstoffe.
Außerdem betrifft die vorliegende Erfindung die Verwendung der neuen hochkratzfesten
mehrschichtigen Klarlackierung in der Automobilierst- und -reparaturlackierung, der
industriellen Lackierung, inclusive Coil Coating und Container Coating, der
Kunststofflackierung und der Möbellackierung. Des weiteren betrifft die vorliegende
10 Erfindung ein neues Verfahren zur Herstellung von mehrschichtigen Klarlackierungen.

Automobilkarosserien, Kunststoffteile für Automobile oder Haushaltsgeräte und industrielle
Bauteile werden heutzutage durch eine Klarlackierung geschützt. Hierbei kann die
15 Klarlackierung als alleinige Lackschicht verwendet werden oder die oberste Schicht einer
mehrschichtigen Decklackierung bilden.

Insbesondere Automobilkarosserien sind größtenteils mit einem mehrschichtigen
Decklackaufbau versehen. Als letzte Überzugsschicht werden häufig Klarlacke aufgetragen.
Hierfür kommen die üblichen und bekannten Einkomponenten (1K)-, Zweikomponenten
20 (2K)-, Mehrkomponenten (3K, 4K)- Pulver- oder Pulverslurry-Klarlacke oder UV-härtbare
Klarlacke in Betracht.

Einkomponenten(1K)-, Zweikomponenten(2K)- oder Mehrkomponenten(3K, 4K)-Klarlacke
werden beispielsweise in den Patentschriften US-A-5,474,811, US-A-5,356,669, US-A-
25 5,605,965, WO 94/10211, WO 94/10212, WO 94/10213, EP-A-0 594 068, EP-A-0 594 071,
EP-A-0 594 142, EP-A-0 604 992, WO 94/22969, EP-A-0 596 460 oder WO 92/22615
beschrieben.

Pulverklarlacke sind beispielsweise aus der deutschen Patentschrift DE-A-42 22 194 oder
30 der Produkt-Information der Firma BASF Lacke + Farben AG, „Pulverlacke“, 1990 bekannt.

Ein solches Verfahren ist in der Patentbeschreibung der europäischen Patentschrift EP-A-0 844 286 bekannt. Er enthält ein ungesättigtes
Bindemittel und ein zweites hiermit copolymerisierbares Harz sowie einen Photoinitiator

und einen thermischen Initiator und ist somit thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbar. Allerdings wird dieser Dual Cure-Pulverlack als pigmentierter Decklack verwendet, welcher an der Oberfläche mit UV-Licht und in den substratnahen Bereichen thermisch gehärtet wird. Ob dieser bekannte Pulverlack auch für die Herstellung von 5 Klarlackschichten, insbesondere in Mehrschichtlackierungen tauglich ist, lässt sich der Patentschrift nicht entnehmen.

Bei Pulverslurry-Lacken handelt es sich um Pulverlacke in Form wässriger Dispersionen. Derartige Slurries sind beispielsweise in der US Patentschrift US-A-4,268,542 und den 10 deutschen Patentanmeldungen DE-A-195 18 392.4 und DE-A-196 13 547 und der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung DE-A-198 14 471.7 beschrieben.

UV-härtbare Klarlacke gehen beispielsweise aus den Patentschriften EP-A-0 540 884, EP-A-0 568 967 oder US-A-4,675,234 hervor.

15

Jeder dieser Klarlacke weist spezifische Stärken und Schwächen auf. So erhält man mit Hilfe dieser Klarlacke Mehrschichtlackierungen, die den optischen Anforderungen genügen. Indes sind die kratzfesten Einkomponenten(1K)-Klarlacke manchmal nicht genügend witterungsbeständig, wogegen die witterungsbeständigen Zweikomponenten(2K)- oder 20 Mehrkomponenten(3K, 4K)-Klarlacke oftmals nicht genügend kratzfest sind. Manche Einkomponenten(1K)-Klarlacke sind zwar kratzfest und witterungsstabil, weisen aber in Kombination mit häufig angewandten Wasserbasislacken Oberflächenstörungen wie Schrumpf (wrinkling) auf.

25 Pulverklarlacke, Pulverslurry-Klarlacke und UV-härtbare Klarlacke dagegen weisen eine nicht völlig befriedigende Zwischenschichthaftung auf, ohne daß die Probleme der Kratzfestigkeit oder der Etchbeständigkeit völlig gelöst wären.

Aus der EP-A-0 568 967 ist ein Verfahren zur Herstellung von Mehrschichtlackierungen 30 bekannt, bei dem eine thermisch härtbare Klarlackschicht nach dem Naß-in-naß-Verfahren auf eine pigmentierte Basislackschicht aufgetragen wird, wonach die beiden Schichten in der ~~Wärme geschränkt ausgetrocknet werden, daß die ausgetrocknete Klarlackschicht nach~~ anschließend mindestens eine weitere Klarlackschicht auf der Basis von mit aktinischer Strahlung härtbaren Beschichtungsstoffen aufgetragen und mit aktinischer Strahlung oder

mit aktinischer Strahlung und thermisch ausgehärtet. Dieses Verfahren liefert Klarlacküberzüge von hoher Chemikalienfestigkeit und optischer Qualität. Indes ist die Kratzfestigkeit nicht befriedigend.

- 5 Außerdem geht aus der EP-A-0 568 967 ein Verfahren hervor, bei dem ein mit aktinischer Strahlung härbarer Beschichtungsstoff auf die pigmentierte Basislackschicht aufgetragen und ausgehärtet wird. Anschließend wird eine weitere Schicht desselben Beschichtungsstoffs appliziert und mit aktinischer Strahlung gehärtet. Es resultiert zwar eine hochglänzende Oberfläche ohne wahrnehmbare Struktur, indes vergilbt der betreffende Klarlacküberzug.
- 10 Auch die Kratzfestigkeit lässt nach wie vor zu wünschen übrig.

In neuerer Zeit wurden sogenannte Sol-Gel-Klarlacke auf Basis von siloxanhaltigen Lackformulierungen entwickelt, die durch Hydrolyse und Kondensation von Silanverbindungen erhalten werden. Diese Lacke, die als Überzugsmittel für Beschichtungen von Kunststoffen verwendet werden, werden beispielsweise in den deutschen Patentschriften DE-A-43 03 570, 15 34 07 087, 40 11 045, 40 25 215, 38 28 098, 40 20 316 oder 41 22 743 beschrieben.

Sol-Gel-Klarlacke verleihen Kunststoff-Substraten wie z. B. Brillengläsern oder Motorradhelm-Visieren eine sehr gute Kratzfestigkeit. Diese Kratzfestigkeit wird von den bekannten 20 OEM (Original Equipment Manufacturing)-Klarlacken, die üblicherweise bei der Erstlackierung von Fahrzeugen verwendet werden, nicht erreicht. Seitens der Automobilindustrie wird nun die Anforderung gestellt, diese verbesserte Kratzfestigkeit auch auf die bei der Lackierung von Automobilen verwendeten Klarlackschichten zu übertragen. Hierbei sollen vor allem die besonders stark beanspruchten Teile der 25 Automobilkarosserien wie Motorhaube, Stoßfänger, Schweller oder Türen im Bereich der Türgriffe besser geschützt werden.

Der Ersatz der üblicherweise in der Automobilakkierung eingesetzten OEM-Klarlacke oder 30 OEM-Pulverslurry-Klarlacke durch Sol-Gel-Klarlacke ist indes nicht ohne weiteres möglich, weil sie hierfür z. B. zu spröde sind oder weil bei dem Versuch, sie an die OEM-Anforderungen anzupassen, häufig nur schlechte optische Eigenschaften (Appearance) Außerdem können Bestandteile der Sol-Gel-Klarlacke bei ihrer Trocknung und/oder Härtung

wegschlagen, d. h., sie werden vom Substrat absorbiert, wodurch die Härte der betreffenden Klarlackschichten verloren geht. Vor allem aber sind die Sol-Gel-Klarlacke zu teuer.

Der ökonomisch günstigere Einsatz der Sol-Gel-Klarlacke als zusätzliche Überzugsschicht über die bisher verwendeten Klarlacke ergibt Haftungsprobleme innerhalb der mehrschichtigen Klarlackierung zwischen der Klarlackschicht und der Sol-Gel-Schicht, die insbesondere nach Steinschlag und bei Belastung durch Schwitzwasser auftreten. Dieses Problem wird in manchen Fällen noch dadurch verstärkt, daß auch die Haftung zwischen der Klarlackschicht und dem Substrat in Mitleidenschaft gezogen wird.

10

Diese Probleme können bis zu einem gewissen Grad dadurch gelöst werden, daß man die Klarlackschicht, welche mit dem Sol-Gel-Klarlack überzogen werden soll, nur teilweise aushärtet, so daß der Sol-Gel-Überzug bei dem gemeinsamen Aushärten gewissermaßen chemisch auf der Klarlackschicht verankert werden kann. Indes erfordert die zweite 15 Klarlackschicht für ihre Aushärtung eine lange Ofentrocknungszeit, was ein erheblicher Nachteil ist.

20

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine neue mehrschichtige Klarlackierung bereitzustellen, welcher die Nachteile des Standes der Technik nicht mehr länger aufweist, sondern in einfacher Weise herstellbar, hochkratzfest,witterungsstabil, vergilbungsfrei, hart, flexibel und von Oberflächenstörungen frei ist, auf allen Substraten sowie innerhalb der Klarlackierung eine hohe Haftung aufweist und sich in der für einen hervorragenden optischen Gesamteindruck notwendigen hohen Schichtdicke herstellen läßt. Außerdem ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein neues Verfahren der Herstellung solcher ein- 25 oder mehrschichtiger Klarlackschichten aus mindestens zwei mit aktinischer Strahlung härtbaren Beschichtungsstoffen bereitzustellen.

Demgemäß wurde die neue hochkratzfeste mehrschichtige Klarlackierung A für ein grundiertes oder ungrundiertes Substrat gefunden, welches herstellbar ist, indem man

30

- (1) mindestens eine Klarlackschicht I aus einem mit aktinischer Strahlung und thermisch härtbaren Beschichtungsstoff I auf die Oberfläche des Substrats aufgebracht und partiell aushärtet und

(2) eine weitere Klarlackschicht II aus einem mit aktinischer Strahlung sowie gegebenenfalls thermisch härtbaren Beschichtungsstoff II, enthaltend Nanopartikel, auf die Oberfläche der Klarlackschicht(en) I appliziert, wonach man

5 (3) die Klarlackschichten I und II gemeinsam mit aktinischer Strahlung und thermisch aushärtet.

Als Alternative hierzu wurde die weitere neue hochkratzfeste mehrschichtige Klarlackierung A für ein grundiertes oder ungrundiertes Substrat gefunden, welche herstellbar ist, indem man

10 (1) mindestens eine Klarlackschicht I aus einem mit aktinischer Strahlung und thermisch härtbaren Beschichtungsstoff I auf die Oberfläche des Substrats appliziert, aushärtet und aufruft,

15 (2) eine weitere Klarlackschicht II aus einem mit aktinischer Strahlung sowie gegebenenfalls thermisch härtbaren Beschichtungsstoff II, enthaltend Nanopartikel, auf die äußere Oberfläche der Klarlackschicht(en) I appliziert, wonach man

20 (3) die Klarlackschicht II mit aktinischer Strahlung und gegebenenfalls thermisch aushärtet.

Die beiden neuen hochkratzfesten mehrschichtigen Klarlackierungen A werden im folgenden als die „erfindungsgemäßen Klarlackierungen A“ bezeichnet.

25 Des weiteren wurde das neue Verfahren zur Herstellung einer hochkratzfesten mehrschichtigen Klarlackierung A auf einem grundierten oder ungrundierten Substrat gefunden, bei dem man

30 (1) mindestens eine Klarlackschicht I aus einem mit aktinischer Strahlung und thermisch härtbaren Beschichtungsstoff I auf die Oberfläche des Substrats appliziert und partiell

23.04.1999

(2) eine weitere Klarlackschicht II aus einem mit aktinischer Strahlung sowie gegebenenfalls thermisch härtbaren Beschichtungsstoff II, enthaltend Nanopartikel, auf die Oberfläche der Klarlackschicht(en) I appliziert, wonach man

5 (3) die Klarlackschichten I und II gemeinsam mit aktinischer Strahlung und thermisch aushärtet.

Als Alternative hierzu wurde das weitere neue Verfahren zur Herstellung einer hochkratzfesten mehrschichtigen Klarlackierung A auf einem grundierten oder 10 ungrundierten Substrat gefunden, bei dem man

(1) mindestens eine Klarlackschicht I aus einem mit aktinischer Strahlung und thermisch härtbaren Beschichtungsstoff I auf die Oberfläche des Substrats appliziert, aushärtet und aufraut,

15 (2) eine weitere Klarlackschicht II aus einem mit aktinischer Strahlung sowie gegebenenfalls thermisch härtbaren Beschichtungsstoff II, enthaltend Nanopartikel, auf die äußere Oberfläche der Klarlackschicht(en) I appliziert, wonach man

20 (3) die Klarlackschicht II mit aktinischer Strahlung und gegebenenfalls thermisch aushärtet.

Die beiden neuen Verfahren zur Herstellung von hochkratzfesten Klarlackierungen A werden im folgenden als „erfindungsgemäße Verfahren A“ bezeichnet.

25 Außerdem wurde die neue hochkratzfeste farb- und/oder effektgebende Mehrschichtlackierung B für ein grundiertes oder ungrundiertes Substrat gefunden, welche herstellbar ist, indem man

30 (1) mindestens eine farb- und/oder effektgebende Basislackschicht III aus einem thermisch sowie gegebenenfalls mit aktinischer Strahlung härtbaren pigmentierten Beschichtungsstoff III auf die Oberfläche des Substrats appliziert und, ohne auszuhärten, trocknet,

(2) mindestens eine Klarlackschicht I aus einem mit aktinischer Strahlung und thermisch härtbaren Beschichtungsstoff I auf die Oberfläche der Basislackschicht III naß-innaß appliziert und partiell aushärtet und

5 (3) eine weitere Klarlackschicht II aus einem mit aktinischer Strahlung sowie gegebenenfalls thermisch härtbaren Beschichtungsstoff II, enthaltend Nanopartikel, auf die Oberfläche der Klarlackschicht(en) I appliziert, wonach man

10 (4) die Basislackschicht(en) III und die Klarlackschichten I und II gemeinsam mit aktinischer Strahlung und thermisch aushärtet.

Als Alternative hierzu wurde des weiteren die neue hochkratzfeste farb- und/oder effektgebende Mehrschichtlackierung B für ein grundiertes oder ungrundiertes Substrat gefunden, welche herstellbar ist, indem man

15 (1) mindestens eine farb- und/oder effektgebende Basislackschicht III aus einem thermisch sowie gegebenenfalls mit aktinischer Strahlung härtbaren pigmentierten Beschichtungsstoff III auf die Oberfläche des Substrats appliziert und, ohne auszuhärten, trocknet,

20 (2) mindestens eine Klarlackschicht I aus einem mit aktinischer Strahlung und thermisch härtbaren Beschichtungsstoff I auf die Oberfläche der Basislackschicht III naß-innaß appliziert,

25 (3) die Basislackschicht III und Klarlackschicht(en) I gemeinsam thermisch und mit aktinischer Strahlung aushärtet,

(4) die äußere Oberfläche der Klarlackschicht(en) I aufrauht,

30 (5) eine weitere Klarlackschicht II aus einem mit aktinischer Strahlung sowie gegebenenfalls thermisch härtbaren Beschichtungsstoff II, enthaltend Nanopartikel, auf die äußere Oberfläche der Klarlackschicht(en) I appliziert, wonach man

(6) die Klarlackschicht II mit aktinischer Strahlung und gegebenenfalls thermisch aushärtet.

Im folgenden werden die neuen farb- und/oder effektgebenden Mehrschichtlackierungen B

5 als „erfindungsgemäße Mehrschichtlackierungen B“ bezeichnet.

Darüber hinaus wurde das neue Verfahren zur Herstellung einer hochkratzfesten farb- und/oder effektgebende Mehrschichtlackierung B auf einem grundierten oder ungrundierten Substrat gefunden, bei dem man

10

(1) mindestens eine farb- und/oder effektgebende Basislackschicht III aus einem thermisch sowie gegebenenfalls mit aktinischer Strahlung härtbaren pigmentierten Beschichtungsstoff III auf die Oberfläche des Substrats appliziert und, ohne auszuhärten, trocknet,

15

(2) mindestens eine Klarlackschicht I aus einem mit aktinischer Strahlung und thermisch härtbaren Beschichtungsstoff I auf die Oberfläche der Basislackschicht III naß-innaß appliziert und partiell aushärtet und

20

(3) eine weitere Klarlackschicht II aus einem mit aktinischer Strahlung sowie gegebenenfalls thermisch härtbaren Beschichtungsstoff II, enthaltend Nanopartikel, auf die Oberfläche der Klarlackschicht(en) I appliziert, wonach man

(4) die Basislackschicht(en) III und die Klarlackschichten I und II gemeinsam mit aktinischer Strahlung und thermisch aushärtet.

25

Als Alternative hierzu wurde das weitere neue Verfahren zur Herstellung einer hochkratzfesten farb-und/oder effektgebende Mehrschichtlackierung B auf einem grundierten oder ungrundierten Substrat gefunden, bei dem man

30

(1) mindestens eine farb- und/oder effektgebende Basislackschicht III aus einem thermischen sowie gegebenenfalls mit aktinischer Strahlung härtbaren pigmentierten Beschichtungsstoff III auf die Oberfläche des Substrats appliziert und, ohne auszuhärten, trocknet,

(2) mindestens eine Klarlackschicht I aus einem mit aktinischer Strahlung und thermisch härtbaren Beschichtungsstoff I auf die Oberfläche der Basislackschicht III naß-in-naß appliziert,

5

(3) die Basislackschicht III und Klarlackschicht(en) I gemeinsam thermisch und mit aktinischer Strahlung aushärtet,

10

(4) die äußere Oberfläche der Klarlackschicht(en) I aufrauht,

15

(5) eine weitere Klarlackschicht II aus einem mit aktinischer Strahlung sowie gegebenenfalls thermisch härtbaren Beschichtungsstoff II, enthaltend Nanopartikel, auf die äußere Oberfläche der Klarlackschicht(en) I appliziert, wonach man

(6) die Klarlackschicht II mit aktinischer Strahlung und gegebenenfalls thermisch aushärtet.

Im folgenden werden die beiden neuen Verfahren als „erfindungsgemäße Verfahren B“ bezeichnet.

20 Im Rahmen der vorliegenden Erfindung bedeutet der Begriff „thermische Härtung“ die durch Hitze initiierte Härtung einer Lackschicht aus einem Beschichtungsstoff, bei der üblicherweise ein separat vorliegendes Vernetzungsmittel angewandt wird. Üblicherweise wird dies von der Fachwelt als Fremdvernetzung bezeichnet. Sind die Vernetzungsmittel in 25 die Bindemittel bereits eingebaut, spricht man auch von Selbstvernetzung. Erfindungsgemäß ist die Fremdvernetzung von Vorteil und wird deshalb bevorzugt angewandt.

30 Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist unter aktinischer Strahlung Elektronenstrahlung oder vorzugsweise UV-Strahlung zu verstehen. Die Härtung durch UV-Strahlung wird üblicherweise durch radikalische oder kationische Photoinitiatoren initiiert und ist ihrem Mechanismus nach eine radikalische oder kationische Photopolymerisation.

35 Werden die thermische und die Härtung mit aktinischem Licht bei einem Beschichtungsstoff gemeinsam angewandt, spricht man auch von „Dual Cure“.

Im Hinblick auf den Stand der Technik war es überraschend und für den Fachmann nicht vorhersehbar, daß die sehr komplexe Aufgabe, welche der Erfindung zugrunde liegt mit Hilfe der erfindungsgemäßen Klarlackierung A und der erfindungsgemäßen Mehrschichtlackierung B sowie der erfindungsgemäßen Verfahren zu ihrer Herstellung gelöst werden konnte. Besonders überraschend ist, daß nicht nur die Zwischenschichthaftung innerhalb der erfindungsgemäßen Klarlackierung A, sondern auch die Haftung zu der Basislackschicht III innerhalb der erfindungsgemäßen Mehrschichtlackierung B weit über das bekannte Maß hinaus verbessert sind. Dabei weisen die erfindungsgemäße Klarlackierung A und die erfindungsgemäße Mehrschichtlackierung B hervorragende optische Eigenschaften auf, insbesondere eine hohe Fülle, hohe DOI-Werte, einen hohen Glanz und keine Vergilbung. Aufgrund der Dual Cure-Härtung können auch komplexe Bauteile und Formteile in ihren Schattenbereichen in einfacher Weise vollständig ausgehärtet werden. Bei alledem sind die erfindungsgemäße Klarlackierung A und die erfindungsgemäße Mehrschichtlackierung B von einer hervorragenden Witterungs- und Chemikalienstabilität. Nicht zuletzt aber sind sie außerordentlich kratzfest und widerstehen sogar der Behandlung mit Stahlwolle. Vor allem aber werden sie nicht durch die üblicherweise in Autowaschanlagen angewandten Vorrichtungen geschädigt.

Die erfindungsgemäße Klarlackierung A eignet sich hervorragend für die Lackierung eines grundierten oder ungrundierten Substrats.

Als Substrate kommen alle zu lackierenden Oberflächen, die einer kombinierten Härtung unter Anwendung von Hitze und aktinischer Strahlung zugänglich sind in Betracht, das sind z. B. Metalle, Kunststoffe, Holz, Keramik, Stein, Textil, Faserverbunde, Leder, Glas, Glasfasern, Glas- und Steinwolle, mineral- und harzgebundene Baustoffe, wie Gips- und Zementplatten oder Dachziegel. Demnach ist die erfindungsgemäße Klarlackierung A auch für Anwendungen außerhalb der Automobillackierung geeignet, insbesondere für die Lackierung von Möbeln und die industrielle Lackierung, inklusive Coil Coating und Container Coating. Im Rahmen der industriellen Lackierungen eignet sie sich für die Lackierung praktisch aller Teile für den privaten oder industriellen Gebrauch wie Radiatoren, Haushaltsgeräte, Kleinteile aus Metall, Klappspiegel usw. Insbesondere ist die erfindungsgemäße Klarlackierung A als Überzug von Basislacken geeignet, vorzugsweise in der Automobilindustrie. Besonders geeignet ist sie als Klarlackierung über

Wasserbasislacken auf Basis von Polyester-, Polyurethanharzen und Aminoplastharzen, insbesondere im Rahmen der erfindungsgemäßen Mehrschichtlackierung B.

Mit der erfindungsgemäßen Klarlackierung A oder der erfindungsgemäßen 5 Mehrschichtlackierung B können insbesondere auch grundierte oder nicht grundierte Kunststoffe wie z. B. ABS, AMMA, ASA, CA, CAB, EP, UF, CF, MF, MPF, PF, PAN, PA, PE, HDPE, LDPE, LLDPE, UHMWPE, PET, PMMA, PP, PS, SB, PUR, PVC, RF, SAN, PBT, PPE, POM, PUR-RIM, SMC, BMC, PP-EPDM und UP (Kurzbezeichnungen nach DIN 7728T1) lackiert werden. Die zu lackierenden Kunststoffe können selbstverständlich auch 10 Polymerblends, modifizierte Kunststoffe oder faserverstärkte Kunststoffe sein. Es kann auch für die Beschichtung von üblicherweise im Fahrzeugbau, insbesondere Kraftfahrzeugbau, eingesetzten Kunststoffen zum Einsatz kommen.

Im Falle von nichtfunktionalisierten und/oder unpolaren Substratoberflächen können diese 15 vor der Beschichtung in bekannter Weise einer Vorbehandlung, wie mit einem Plasma oder mit Beflammen, unterzogen werden.

Die erfindungsgemäße Klarlackierung A ist herstellbar, indem man in einem ersten Verfahrensschritt mindestens eine Klarlackschicht I aus einem mit aktinischer Strahlung und 20 thermisch härtbaren Beschichtungsstoff I auf die Oberfläche des Substrats appliziert.

Somit kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung lediglich eine Klarlackschicht I aus dem Beschriftungsstoff I aufgetragen werden. Es können jedoch zwei oder mehr solcher Klarlackschichten I appliziert werden. Hierbei können jeweils unterschiedliche 25 Beschichtungsstoffe I für den Aufbau der Klarlackschichten I angewandt werden. In den allermeisten Fällen wird indes das angestrebte Eigenschaftsprofil der erfindungsgemäßen Klarlackierung A mit einer Klarlackschicht I erzielt.

Die Klarlackschicht I wird in einer Naßschichtdicke aufgetragen, daß nach der Aushärtung 30 in der fertigen erfindungsgemäßen Klarlackierung A eine Trockenschichtdicke von 10 bis 100, vorzugsweise 15 bis 75, besonders bevorzugt 20 bis 55 und insbesondere 20 bis 35 µm

Die Applikation des Beschichtungsstoffs I zum Zwecke der Herstellung der Klarlackschicht I kann durch alle üblichen Applikationsmethoden, wie z.B. Spritzen, Rakeln, Streichen, Gießen, Tauchen oder Walzen erfolgen. Vorzugsweise werden Spritzapplikationsmethoden angewandt, wie zum Beispiel Druckluftspritzen, Airless-Spritzen, Hochrotation,

5 elektrostatischer Sprühaufruf (ESTA), gegebenenfalls verbunden mit Heißspritzapplikation wie zum Beispiel Hot-Air – Heißspritzen. Die Applikationen kann bei Temperaturen von max. 70 bis 80 °Celsius durchgeführt werden, so daß geeignete Applikationsviskositäten erreicht werden, ohne daß bei der kurzzeitig einwirkenden thermischen Belastung eine Veränderung oder Schädigungen des Beschichtungsstoffs I und seines gegebenenfalls 10 wiederaufzubereitenden Overspray eintreten. So kann das Heißspritzen so ausgestaltet sein, daß der Beschichtungsstoff I nur sehr kurz in der oder kurz vor der Spritzdüse erhitzt wird.

Die für die Applikation verwendete Spritzkabine kann beispielsweise mit einem gegebenenfalls temperierbaren Umlauf betrieben werden, der mit einem geeigneten 15 Absorptionsmedium für den Overspray, z. B. dem Beschichtungsstoff I selbst, betrieben wird.

Bevorzugt wird die Applikation bei Beleuchtung mit sichtbarem Licht einer Wellenlänge von über 550 nm oder unter Lichtausschluß durchgeführt. Hierdurch werden eine stoffliche 20 Änderung oder Schädigung des Beschichtungsstoffs I und des Overspray vermieden.

Selbstverständlich können die vorstehend beschriebenen Applikationsmethoden auch bei der Herstellung der Klarlackschicht II oder der Basislackschicht III sowie gegebenenfalls weiterer Lackschichten im Rahmen der erfindungsgemäßen Verfahren A oder B angewandt 25 werden.

Erfindungsgemäß wird die Klarlackschicht I nach ihrer Applikation partiell ausgehärtet. Methodisch gesehen unterscheidet sich die partielle Aushärtung nicht von einer üblicherweise erfolgenden vollständigen Aushärtung einer Lackschicht. Es wird hierbei

30 lediglich so lange vernetzt, daß die Klarlackschicht I einerseits eine für die Zwecke der erfindungsgemäßen Verfahren A oder B ausreichende Dimensionsstabilität und andererseits genügend der nachstehend beschriebenen vernetzungsfähigen funktionellen Gruppen (a11) und (a21) und/oder (a12) und (a22) (komplementäre funktionelle Gruppen) für die Nachvernetzung und für die Zwischenschichthaftung aufweist. Das Ausmaß der partiellen

Aushärtung kann daher breit variieren und richtet sich nach den Erfordernissen des jeweiligen Einzelfalls. Es kann indes vom Fachmann aufgrund seines allgemeinen Fachwissens und/oder anhand einfacher Vorversuche ermittelt werden. Vorzugsweise werden 0,5 bis 99,5, besonders bevorzugt 1 bis 99, ganz besonders bevorzugt 2 bis 90 und 5 insbesondere 3 bis 80 Mol-% der in dem Beschichtungsstoff I vorhandenen vernetzungsfähigen funktionellen Gruppen umgesetzt. Ganz besonders bevorzugt ist es, wenn die Klarlackschicht I nach ihrer partiellen Aushärtung noch klebrig ist.

Erfnungsgemäß kann Klarlackschicht I mit aktinischer Strahlung oder thermisch oder mit 10 aktinischer Strahlung und thermisch partiell ausgehärtet werden. Erfnungsgemäß ist es von Vorteil die Klarlackschicht I mit aktinischer Strahlung partiell auszuhärten, weil hierbei der Vernetzunggrad besonders gut über den Eintrag von Strahlungsenergie gesteuert werden kann.

15 Die Aushärtung kann nach einer gewissen Ruhezeit erfolgen. Sie kann eine Dauer von 30 s bis 2 h, vorzugsweise 1 min bis 1 h und insbesondere 1 min bis 30 min haben. Die Ruhezeit dient beispielsweise zum Verlauf und zur Entgasung der Klarlackschicht I oder zum Verdunsten von flüchtigen Bestandteilen wie Lösemittel, Wasser oder Kohlendioxid, wenn der Beschichtungsstoff mit überkritischem Kohlendioxid als Lösemittel appliziert worden 20 ist. Die Ruhezeit kann durch die Anwendung erhöhter Temperaturen bis 80 °Celsius unterstützt und/oder verkürzt werden, sofern hierbei keine Schädigungen oder Veränderungen der Klarlackschicht I eintreten, etwa eine vorzeitige vollständige Vernetzung.

25 Erfnungsgemäß erfolgt die Aushärtung mit aktinischer Strahlung mit UV-Strahlung oder Elektronenstrahlen. Gegebenenfalls kann sie mit aktinischer Strahlung von anderen Strahlenquellen durchgeführt oder ergänzt werden. Im Falle von Elektronenstrahlen wird vorzugsweise unter Inertgasatmosphäre gearbeitet. Dies kann beispielsweise durch Zuführen von Kohlendioxid und/oder Stickstoff direkt an die Oberfläche der Klarlackschicht I 30 gewährleistet werden.

Im Falle der Härting mit UV-Strahlung kann, um die Bildung von Ozon zu vermeiden, unter Inertgas gearbeitet werden.

Für die Härtung mit aktinischer Strahlung werden die üblichen und bekannten Strahlenquellen und optischen Hilfsmaßnahmen angewandt. Beispiele geeigneter Strahlenquellen sind Quecksilberhoch- oder -niederdruckdampflampen, welche gegebenenfalls mit Blei dotiert sind, um ein Strahlenfenster bis zu 405 nm zu öffnen, oder Elektronenstrahlquellen. Deren Anordnung ist im Prinzip bekannt und kann den Gegebenheiten des Werkstücks und der Verfahrensparameter angepaßt werden. Bei kompliziert geformten Werkstücken wie Automobilkarosserien können die nicht direkter Strahlung zugänglichen Bereiche (Schattenbereiche) wie Hohlräume, Falzen und anderen konstruktionsbedingte Hinterschneidungen mit Punkt-, Kleinflächen- oder Rundumstrahlern verbunden mit einer automatischen Bewegungseinrichtung für das Bestrahlen von Hohlräumen oder Kanten (partiell) ausgehärtet werden.

Die Anlagen und Bedingungen dieser Härtungsmethoden werden beispielsweise in R. Holmes, U.V. and E.B. Curing Formulations for Printing Inks, Coatings and Paints, SITA Technology, Academic Press, London, United Kindom 1984, beschrieben.

Hierbei kann die (partielle) Aushärtung stufenweise erfolgen, d. h. durch mehrfache Belichtung oder Bestrahlung mit aktinischer Strahlung. Dies kann auch alternierend erfolgen, d. h., daß abwechselnd mit UV-Strahlung und Elektronenstrahlung gehärtet wird.

Auch die thermische Härtung weist keine methodischen Besonderheiten auf, sondern erfolgt nach den üblichen und bekannten Methoden wie Erhitzen in einem Umluftofen oder Bestrahlen mit IR-Lampen. Wie bei der Härtung mit aktinischer Strahlung kann auch die thermische Härtung stufenweise erfolgen. Vorteilhafterweise erfolgt die thermische Härtung bei einer Temperatur von 50 bis 100 °C, besonders bevorzugt 80 bis 100 °C und insbesondere 90 bis 100 °C während einer Zeit von 1 min bis zu 2 h, besonders bevorzugt 2 min bis zu 1 h und insbesondere 3 min bis 30 min. Werden Substrate verwendet, welche thermisch stark belastbar sind, kann die thermische Vernetzung auch bei Temperaturen oberhalb 100 °C durchgeführt werden. Im allgemeinen empfiehlt es sich, hierbei Temperaturen von 180 °C, vorzugsweise 160 °C und insbesondere 140 °C nicht zu überschreiten.

Werden die thermische Härtung und Härtung mit aktinischer Strahlung zusammen angewandt, können diese Methoden gleichzeitig oder alternierend eingesetzt werden.

Werden die beiden Härtungsmethoden alternierend verwendet, kann beispielsweise mit der thermischen Härtung begonnen und mit der Härtung mit aktinischer Strahlung geendet werden. In anderen Fällen kann es sich als vorteilhaft erweisen, mit der Härtung mit aktinischer Strahlung zu beginnen und hiermit zu enden. Der Fachmann kann die 5 Härtungsmethode, welche für den jeweiligen Einzelfall am vorteilhaftesten ist aufgrund seines allgemeinen Fachwissens gegebenenfalls unter Zuhilfenahme einfacher Vorversuche ermitteln.

Selbstverständlich können die vorstehend beschriebenen Härtungsmethoden auch bei der 10 Herstellung der Klarlackschicht II oder der Basislackschicht III sowie gegebenenfalls weiterer Lackschichten im Rahmen der erfindungsgemäßen Verfahren A oder B angewandt werden.

Der erfindungsgemäß für die Herstellung der Klarlackschicht I zu verwendende 15 Beschichtungsstoff I enthält mindestens einen Bestandteil (a1) mit mindestens zwei funktionellen Gruppen (a11), welche der Vernetzung mit aktinischer Strahlung dienen.

Beispiele geeigneter funktioneller Gruppen (a11) sind Epoxidgruppen oder olefinisch ungesättigte Doppelbindungen, wie sie in Vinyl-, Allyl-, Cinnamoyl-, Methacryl- oder 20 Acrylgruppen, insbesondere Methacryl- oder Acrylgruppen, vorliegen. Bekanntermaßen werden die Epoxidgruppen für die kationische Photopolymerisation verwendet, wogegen die olefinisch ungesättigten Doppelbindungen in der Hauptsache für die radikalische Photopolymerisation in Betracht kommen. Erfindungsgemäß kann der Bestandteil (a1) Epoxidgruppen und olefinische Doppelbindungen enthalten, so daß er nach beiden 25 Mechanismen der Vernetzung mit aktinischer Strahlung unterworfen werden kann. Es ist indes von Vorteil, ausschließlich olefinisch ungesättigte Doppelbindungen der genannten Art als funktionelle Gruppen (a11) zu verwenden.

Des weiteren kann der erfindungsgemäß zu verwendende Bestandteil (a1) mindestens eine, 30 vorzugsweise mindestens zwei funktionelle Gruppen (a12), welche mit den komplementären funktionellen Gruppen (a22) des nachstehend beschriebenen Bestandteils (a2) thermische

Reaktionen eingehen, bestehen.

Beispiele geeigneter komplementärer funktioneller Gruppen (a12) und (a22) ergeben sich aus der nachfolgenden Übersicht, worin R für organische Gruppen steht.

Übersicht: Beispiele komplementärer funktioneller
5 Gruppen (a12) und (a22) im

Bestandteil (a1) und Bestandteil (a2)
oder

Bestandteil (a2) und Bestandteil (a1)

10

-SH -C(O)-OH

-NH₂ -C(O)-O-C(O)-

15

-OH -NCO

-NH-C(O)-OR

-CH₂-OH

20

-CH₂-O-CH₃

-NH-C(O)-CH(-C(O)OR)₂

25

-NH-C(O)-CH(-C(O)OR)(-C(O)-R)

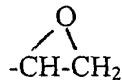
-NH-C(O)-NR₂

= Si(OR)₂

30



-C(O)-OH



5 -O-C(O)-CR=CH₂ -OH

-O-CR=CH₂ -NH₂

 -C(O)-CH₂-C(O)-R

10

-CH=CH₂

Die Auswahl der jeweiligen komplementären Gruppen (a12) und (a22) richtet sich zum einen danach, daß sie keine unerwünschten durch aktinische Strahlung initiierten Reaktionen eingehen oder die Härtung mit aktinischer Strahlung nicht stören oder inhibieren, und zum anderen danach, in welchem Temperaturbereich die thermische Härtung erfolgen soll. Hierbei ist es, insbesondere im Hinblick auf thermisch sensible Substrate wie Kunststoffe, erfundungsgemäß von Vorteil, einen Temperaturbereich zu wählen, welcher 100 °C, insbesondere 80 °C nicht überschreitet. Im Hinblick auf diese Rahmenbedingungen haben sich Hydroxylgruppen und Isocyanatgruppen als komplementäre funktionelle Gruppen als vorteilhaft erwiesen, weswegen sie erfundungsgemäß bevorzugt angewandt werden. Besondere Vorteile resultieren, wenn die Hydroxylgruppen als funktionelle Gruppen (a12) und die Isocyanatgruppen als funktionelle Gruppen (a22) verwendet werden.

25

Sofern in dem Bestandteil (a1) keine funktionelle Gruppe (a12) vorhanden ist, ist in dem Beschichtungsstoff I zwingend mindestens ein thermisch härtbarer Bestandteil (a7) der nachstehend im Detail beschrieben wird, enthalten.

30 Demnach handelt es sich bei dem besonders vorteilhaften Bestandteil (a1) um eine mit aktinischer Strahlung oder thermisch härtbare oligomere oder polymere Verbindung, welche mindestens eine Hydroxylgruppe(n) (a12) und mindestens zwei und insbesondere drei (Meth)Acrylgruppen (a11) enthält.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter einer oligomeren Verbindung eine Verbindung verstanden, welche im allgemeinen im Mittel 2 bis 15 sich wiederholende Grundstrukturen oder Monomereinheiten aufweist. Unter einer polymeren Verbindung wird 5 dagegen eine Verbindung verstanden, welche im allgemeinen im Mittel mindestens 10 sich wiederholende Grundstrukturen oder Monomereinheiten aufweist. Verbindungen dieser Art werden von der Fachwelt auch als Bindemittel oder Harze bezeichnet.

10 Im Unterschied dazu ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung unter einer niedermolekularen Verbindung, eine Verbindung zu verstehen, welche sich im wesentlichen nur von einer Grundstruktur oder einer Monomereinheit ableitet. Verbindungen dieser Art werden von der Fachwelt im allgemeinen auch als Reaktivverdünner bezeichnet.

15 Die als Bindemittel (a1) eingesetzten Polymere bzw. Oligomere weisen üblicherweise ein zahlenmittleres Molekulargewicht von 500 bis 50.000, bevorzugt von 1.000 bis 5.000, auf. Bevorzugt weisen sie ein Doppelbindungsäquivalentgewicht von 400 bis 2.000, besonders bevorzugt von 500 bis 900, auf. Außerdem weisen sie bei 23 °C bevorzugt eine Viskosität von 250 bis 11.000 mPas auf. Vorzugsweise werden sie in einer Menge von 5 bis 90 Gew.-%, besonders bevorzugt 10 bis 80 Gew.-% und insbesondere 15 bis 70 Gew.-%, jeweils 20 bezogen auf die Gesamtmenge des Beschichtungsstoffs I angewandt.

25 Beispiele geeigneter Bindemittel oder Harze (a1) entstammen den Oligomer- und/oder Polymerklassen der (meth)acrylfunktionellen (Meth)Acrylcopolymeren, Polyetheracrylaten, Polyesteracrylaten, Polyester-, Epoxyacrylaten, Urethanacrylaten, Aminoacrylaten, Melaminacrylaten, Silikonacrylaten und Phosphazenenacrylaten und den entsprechenden Methacrylaten. Bevorzugt werden Bindemittel (a1) eingesetzt, die frei von aromatischen Struktureinheiten sind. Bevorzugt werden daher Urethan(meth)acrylate, Phosphazen(meth)acrylate und/oder Polyester(meth)acrylate, besonders bevorzugt Urethan(meth)acrylate, insbesondere aliphatische Urethan(meth)acrylate, eingesetzt.

30 Die Urethan(meth)acrylate (a1) werden erhalten durch Umsetzung eines Di- oder Polyisocyanates mit einem Kettenverlängerungsmittel aus der Gruppe der Diole/Polyole und/oder Diamine/Polyamine und/oder Dithiole/Polythiole und/oder Alkanolamine und anschließende Umsetzung der restlichen freien Isocyanatgruppen mit mindestens einem

Hydroxyalkyl(meth)acrylat oder Hydroxyalkylester anderer ethylenisch ungesättigter Carbonsäuren.

Die Mengen an Kettenverlängerungsmittel, Di- bzw. Polyisocyanat und Hydroxyalkylester
5 werden dabei bevorzugt so gewählt, daß

1.) das Äquivalentverhältnis der NCO-Gruppen zu den reaktiven Gruppen des Kettenverlängerungsmittels (Hydroxyl-, Amino- bzw. Mercaptylgruppen) zwischen 3 : 1 und 1 : 2, bevorzugt bei 2 : 1, liegt und

10

2.) die OH-Gruppen der Hydroxialkylester der ethylenisch ungesättigten Carbonsäuren in stöchiometrischer Menge in bezug auf die noch freien Isocyanatgruppen des Präpolymeren aus Isocyanat und Kettenverlängerungsmittel vorliegen.

15

Außerdem ist es möglich, die Urethan(meth)acrylate (a1) herzustellen, indem zunächst ein Teil der Isocyanatgruppen eines Di- oder Polyisocyanates mit mindestens einem Hydroxyalkylester umgesetzt wird und die restlichen Isocyanatgruppen anschließend mit einem Kettenverlängerungsmittel umgesetzt werden. Auch in diesem Fall werden die Mengen an Kettenverlängerungsmittel, Isocyanat und Hydroxyalkylester so gewählt, daß das

20

Äquivalentverhältnis der NCO-Gruppen zu den reaktiven Gruppen des Kettenverlängerungsmittels zwischen 3 : 1 und 1 : 2, bevorzugt bei 2 : 1 liegt und das Äquivalentverhältnis der restlichen NCO-Gruppen zu den OH-Gruppen des Hydroxyalkylesters 1 : 1 beträgt. Selbstverständlich sind auch sämtliche Zwischenformen dieser beiden Verfahren möglich. Beispielsweise kann ein Teil der Isocyanatgruppen eines

25

Diisocyanates zunächst mit einem Diol umgesetzt werden, anschließend kann ein weiterer Teil der Isocyanatgruppen mit dem Hydroxyalkylester und im Anschluß hieran können die restlichen Isocyanatgruppen mit einem Diamin umgesetzt werden.

30

Diese verschiedenen Herstellverfahren der Urethan(meth)acrylate (a1) sind bekannt (vgl. z.B. EP-A-204 161).

Die Herstellung der Urethan(meth)acrylate (a1) ist durch die oben beschriebenen Verfahren bedurch möglich, daß entsprechende isocyanat-funktionelle Präpolymere bzw. Oligomere mit längerkettigen, aliphatischen Diolen und/oder Diaminen, insbesondere aliphatischen Diolen und/oder

Diaminen mit mindestens 6 C-Atomen umgesetzt werden. Diese Flexibilisierungsreaktion kann dabei vor oder nach der Addition von Acryl- bzw. Methacrylsäure an die Oligomere bzw. Präpolymere durchgeführt werden.

5 Als Beispiele für geeignete Urethan(meth)acrylate (a1) seien auch die folgenden, im Handel erhältlichen polyfunktionellen aliphatischen Urethanacrylate genannt:

- Crodamer® UVU 300 der Firma Croda Resins Ltd., Kent, Großbritanniens;
- Genomer® 4302, 4235, 4297 oder 4316 der Firma Rahn Chemie, Schweiz;
- Ebecryl® 284, 294, IRR351, 5129 oder 1290 der Firma UCB, Drogenbos, Belgien;
- Roskydal® LS 2989 oder LS 2545 oder V94-504 der Firma Bayer AG, Deutschland;
- Viaktin® VTE 6160 der Firma Vianova, Österreich; oder
- Laromer® 8861 der Firma BASF AG sowie davon abgewandelte Versuchsprodukte.

15 Ein Beispiel für ein geeignetes Polyphosphazenen(meth)acrylat (a1) ist das Phosphazendimethacrylat der Firma Idemitsu, Japan.

Der erfundungsgemäße Beschichtungsstoff I enthält des weiteren einen Bestandteil (a2).

20 Auch bei diesem Bestandteil (a2) handelt es sich um ein Harz im Sinne der vorstehend bei der Beschreibung der Harze (a1) aufgeführten Definition. Somit entstammen auch die Harze (a2) aus den vorstehend beschriebenen Oligomer- und Polymerklassen. Von Vorteil sind hierbei die (meth)acrylfunktionellen (Meth)Acrylcopolymere, welche daher erfindungsgemäß bevorzugt als Harze (a2) verwendet werden.

25

Vorzugsweise werden die Harze (a2) in einer Menge von 5 bis 90 Gew.-%, besonders bevorzugt 10 bis 80 Gew.-% und insbesondere 15 bis 70 Gew.-%, jeweils bezogen auf die Gesamtmenge des Beschichtungsstoffs I angewandt.

30 Die Harze (a2) enthalten mindestens zwei, insbesondere mindestens drei funktionelle Gruppen (a21), welche der Vernetzung mit aktinischer Strahlung dienen. Beispiele für funktionelle Gruppen sind z.B. die hydroxylgruppen, die am C-1 und C-2 des Glucuronsäure-Restes im Bereich der C-3 und C-4 des Galactose-Restes sowie im Bereich der C-1 und C-2 des Glucosamin-Restes im Bereich der C-3 und C-4 des N-Acetylglucosamin-Restes vorliegen.

Des weiteren enthalten die Harze (a2) mindestens eine, vorzugsweise mindestens zwei und insbesondere mindestens drei funktionelle Gruppen (a22), welche der thermischen Vernetzung dienen. Beispiele geeigneter funktioneller Gruppen dieser Art lassen sich der vorstehenden Übersicht entnehmen. Isocyanatgruppen sind hierbei besonders vorteilhaft und werden deshalb erfindungsgemäß ganz besonders bevorzugt als funktionelle Gruppen (a22) verwendet. Besondere Vorteile resultieren, wenn die Harze (a2) einen Gehalt von Isocyanatgruppen (a22) von 7 bis 20 Gew.-%, besonders bevorzugt 8 bis 18 Gew.-% und insbesondere 9 bis 17 Gew.-%, jeweils bezogen auf das Harz (a2), aufweisen.

10

Beispiele geeigneter Harze (a2) der vorstehend beschriebenen Art werden beispielsweise in den Patentschriften US-A-5,234,970, EP-A-0 549 116 oder EP-A-0 618 244 beschrieben.

Der erfindungsgemäß zu verwendende Beschichtungsstoff I kann mindestens einen Photoinitiator (a3) enthalten. Wenn der Beschichtungsstoff I bzw. die Klarlackschicht I mit UV-Strahlung vernetzt werden soll, ist die Verwendung eines Photoinitiators (a3) im allgemeinen notwendig. Sofern sie mitverwendet werden, sind sie in dem Beschichtungsstoff I bevorzugt in Anteilen von 0,1 bis 10 Gew.-%, 1 bis 8 Gew.-% und insbesondere 2 bis 6 Gew.-%, jeweils bezogen auf die Gesamtmenge des Beschichtungsstoffs I, enthalten.

20

Beispiele geeigneter Photoinitiatoren sind solche vom Norrish II-Typ, deren Wirkungsmechanismus auf einer intramolekularen Variante der Wasserstoff-Abstraktionsreaktionen beruht, wie sie in vielfältiger Weise bei photochemischen Reaktionen auftreten (beispielhaft sei hier auf Römpf Chemie Lexikon, 9. erweiterte und neubearbeitete Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart, Bd. 4, 1991, verwiesen) oder kationische Photoinitiatoren (beispielhaft sei hier auf Römpf Lexikon Lacke und Druckfarben, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1998, Seiten 444 bis 446, verwiesen), insbesondere Benzophenone, Benzoine oder Benzoinether oder Phosphinoxide. Es können auch beispielsweise die im Handel unter den Namen Irgacure® 184, Irgacure® 1800 und Irgacure® 500 der Firma Ciba Geigy, Grenocure® MBF der Firma Rahn und Lucirin® TPO der Firma BASF AG erhältlichen Produkte eingesetzt werden.

Neben den Photoinitiatoren (a3) können übliche Sensibilisatoren wie Anthracen in wirksamen Mengen verwendet werden.

Des weiteren kann der Beschichtungsstoff I mindestens einen Initiator der thermischen Vernetzung (a4) enthalten. Diese bilden ab 80 bis 120 °C Radikale, welche die Vernetzungsreaktion starten. Beispiele für thermolabile radikalische Initiatoren sind
5 organische Peroxide, organische Azoverbindungen oder C-C-spaltende Initiatoren wie Dialkylperoxide, Peroxocarbonsäuren, Peroxodicarbonate, Peroxidester, Hydroperoxide, Ketonperoxide, Azodinitrile oder Benzpinakolsilylether. C-C-spaltende Initiatoren sind besonders bevorzugt, da bei ihrer thermischen Spaltung keine gasförmigen Zersetzungprodukte gebildet werden, die zu Störungen in der Lackschicht führen könnten.
10 Sofern sie mit verwendet werden, liegen ihre Mengen im allgemeinen zwischen 0,1 bis 10 Gew.-%, vorzugsweise 0,5 bis 8 Gew.-% und insbesondere 1 bis 5 Gew.-%, jeweils bezogen auf die Gesamtmenge des Beschichtungsstoffs I.

Darüber hinaus kann der Beschichtungsstoff I mindestens einen mit aktinischer Strahlung
15 und/oder thermisch härtbaren Reaktivverdünner (a5) enthalten.

Beispiele geeigneter thermisch vernetzbarer Reaktivverdünner (a5) sind oligomere Polyole, welche aus oligomeren Zwischenprodukten, die durch Metathesereaktionen von acyclischen
20 Monoolefinen und cyclischen Monoolefinen gewonnen werden, durch Hydroformylierung und anschließender Hydrierung erhältlich sind.

Beispiele geeigneter cyclischer Monoolefine sind Cyclobuten, Cyclopenten, Cyclohexen,
Cycloocten, Cyclohepten, Norbonen oder 7-Oxanorbonen.

25 Beispiele geeigneter acyclischer Monoolefine sind in Kohlenwasserstoffgemischen enthalten, die in der Erdölverarbeitung durch Cracken erhalten werden (C₅-Schnitt).

Beispiele geeigneter, erfindungsgemäß zu verwendender oligomerer Polyole (a5) weisen
30 eine Hydroxylzahl (OHZ) von 200 bis 450, ein zahlenmittleres Molekulargewicht Mn von 100 bis 1000 und ein massenmittleres Molekulargewicht Mw von 600 bis 1100 auf.

Weitere Beispiele geeigneter thermisch vernetzbarer Reaktivverdünnner (a5) sind hyperverzweigte Verbindungen mit einer tetrafunktionellen Zentralgruppe, abgeleitet von Ditrimethylopropan, Diglycerin, Ditrimethylethan, Pentaerythrit, Tetrakis(2-hydroxyethyl)methan, Tetrakis(3-hydroxypropyl)methan oder 2,2-Bis-hydroxymethylbutandiol-(1,4) (Homopentaerythrit). Die Herstellung dieser Reaktivverdünnner kann nach den üblichen und bekannten Methoden der Herstellung hyperverzweigter und dendrimerer Verbindungen erfolgen. Geeignete Synthesemethoden werden beispielsweise in den Patentschriften WO 93/17060 oder WO 96/12754 oder in dem Buch von G. R. Newkome, C. N. Moorefield und F. Vögtle, "Dendritic Molecules, Concepts, Syntheses, Perspectives", 10 VCH, Weinheim, New York, 1996, beschrieben.

Weitere Beispiele geeigneter Reaktivverdünnner (a5) sind Polycarbonatdirole, Polyesterpolyole, Poly(meth)acrylatdirole oder hydroxylgruppenhaltige Polyadditionsprodukte.

Beispiele geeigneter reaktiver Lösemittel, welche als Reaktivverdünnner (a5) verwendet werden können, sind Butylglykol, 2-Methoxypropanol, n-Butanol, Methoxybutanol, n-Propanol, Ethylenglykolmonomethylether, Ethylenglykolmonoethylether, Ethylenglykolmonobutylether, Diethylenglykolmonomethylether, 20 Diethylenglykolmonoethyl-ether, Diethylenglykoldiethylether, Diethylenglykolmonobutylether, Trimethylolpropan, 2-Hydroxypropionsäureethylester oder 3-Methyl-3-methoxybutanol sowie Derivate auf Basis von Propylglykol, z.B. Ethoxyethylpropionat, Isoproxypropanol oder Methoxypropylacetat genannt.

Als Reaktivverdünnner (a5), welche mit aktinischer Strahlung vernetzt werden können, werden beispielsweise (Meth)Acrylsäure und deren Ester, Maleinsäure und deren Ester bzw. Halbester, Vinylacetat, Vinylether, Vinylharnstoffe u.ä. eingesetzt. Als Beispiele seien Alkylenglykoldi(meth)acrylat, Polyethylenglykoldi(meth)acrylat, 1,3-Butandioli(meth)acrylat, Vinyl(meth)acrylat, Allyl(meth)acrylat, Glycerin-tri(meth)acrylat, 30 Trimethylolpropantri(meth)acrylat, Trimethylolpropandi(meth)acrylat, Styrol, Vinyltoluol, Divinylbenzol, Pentaerythritri(meth)acrylat, Pentaerythrittetra(meth)acrylat, Dipropylene-glycol-methylether-acrylate, Propylene-glycol-methylether-acrylate, Dimethylaminoethylacrylat, N-Vinylpyrrolidon, Phenoxyethylacrylat, Dimethylaminoethylacrylat, Hydroxyethyl-(meth)acrylat, Butoxyethylacrylat, Isobornyl(meth)acrylat, Dimethylacrylamid und

Dicyclopentylacrylat, die in der EP-A-250 631 beschriebenen, langkettigen linearen Diacrylate mit einem Molekulargewicht von 400 bis 4000, bevorzugt von 600 bis 2500. Beispielsweise können die beiden Acrylatgruppen durch eine Polyoxibutenstruktur getrennt sein. Einsetzbar sind außerdem 1,12-Dodecyl-diacrylat und das Umsetzungsprodukt von 2 Molen Acrylsäure mit einem Mol eines Dimerfettalkohols, der im allgemeinen 36 C-Atome aufweist. Geeignet sind auch Gemische der genannten Monomeren.

Bevorzugt werden als Reaktivverdünner (a5) Mono- und/oder Diacrylate, wie z.B. Isobornylacrylat, Hexandioldiacrylat, Tripropylenglykoldiacrylat, Laromer® 8887 der Firma 10 BASF AG und Actilane® 423 der Firma Akros Chemicals Ltd., GB, eingesetzt. Besonders bevorzugt werden Isobornylacrylat, Hexandioldiacrylat und Tripropylenglykoldiacrylat eingesetzt.

Sofern sie mit verwendet werden, werden die Reaktivverdünner (a5) in einer Menge von 15 vorzugsweise 2 bis 70 Gew.-%, besonders bevorzugt 10 bis 65 Gew.-% und insbesondere 15 bis 50 Gew.-%, jeweils bezogen auf die Gesamtmenge des Beschichtungsstoffs I, angewandt.

Darüber hinaus kann der Beschichtungsstoff mindestens ein übliches und bekanntes 20 Lackadditiv (a6) in wirksamen Mengen, d.h. in Mengen vorzugsweise bis zu 20 Gew.-%, besonders bevorzugt bis zu 15 Gew.-% und insbesondere bis zu 10 Gew.-%, jeweils bezogen auf die Gesamtmenge des Beschichtungsstoffs I, enthalten.

Beispiele geeigneter Lackadditive (a6) sind

25

- UV-Absorber;
- Lichtschutzmittel wie HALS-Verbindungen, Benztriazole oder Oxanilide;
- 30 - Radikalfänger;
- Katalysatoren für die Vernetzung wie Dibutyltinndilaurat oder Lithiumdecanoat;
- Slipadditive;

- Polymerisationsinhibitoren;
- Entschäumer;
- 5 - Emulgatoren, insbesondere nicht ionische Emulgatoren wie alkoxylierte Alkanole und Polyole, Phenole und Alkylphenole oder anionische Emulgatoren wie Alkalosalze oder Ammoniumsalze von Alkancarbonsäuren, Alkansulfonsäuren, und Sulfosäuren von alkoxylierten Alkanolen und Polyolen, Phenolen und Alkylphenolen;
- 10 - Netzmittel wie Siloxane, fluorhaltige Verbindungen, Carbonsäurehalbester, Phosphorsäureester, Polyacrylsäuren und deren Copolymeren oder Polurethane;
- 15 - Haftvermittler wie Tricyclodecandimethanol;
- Verlaufsmittel;
- filmbildende Hilfsmittel wie Cellulose-Derivate;
- 20 - transparente Pigmente wie Siliziumdioxid;
- Flammschutzmittel oder
- 25 - Mattierungsmittel.

Weitere Beispiele geeigneter Lackadditive (a6) werden in dem Lehrbuch „Lackadditive“ von Johan Bieleman, Wiley-VCH, Weinheim, New York, 1998, beschrieben.

30 Nicht zuletzt kann der Beschichtungsstoff I mindestens einen thermisch härtbaren Bestandteil (a7) in untergeordneten Mengen enthalten. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist es vorgesehen, dass diese Mengen so zuwählen, welche die Dual Cure-Eigenschaften des Beschichtungsstoffs I nicht nachteilig beeinflussen, sondern in vorteilhafter Weise variiieren. Sofern sie mit verwendet werden, soll ihr Anteil an dem

Beschichtungsstoff I im allgemeinen 40 Gew.-%, vorzugsweise 35 Gew.-% und insbesondere 30 Gew.-% nicht überschreiten.

Beispiele geeigneter Bestandteile (a7) sind die von den thermisch härtbaren 5 Beschichtungsstoffen her bekannten Bindemittel und Vernetzungsmittel.

Beispiele geeigneter Bindemittel (a7) sind lineare und/oder verzweigte und/oder blockartig, 10 kammartig und/oder statistisch aufgebaute Poly(meth)acrylate oder Acrylatcopolymere, Polyester, Alkyde, Aminoplastharze, Polyurethane, Polylactone, Polycarbonate, Polyether, Epoxidharz-Amin-Addukte, (Meth)Acrylatdiole, partiell verseifte Polyvinylester oder Polyharnstoffe, von denen die Acrylatcopolymere, die Polyester, die Polyurethane, die Polyether und die Epoxidharz-Amin-Addukte vorteilhaft sind.

Geeignete Bindemittel (a7) werden beispielsweise unter den Handelsnamen Desmophen® 15 650, 2089, 1100, 670, 1200 oder 2017 von der Firma Bayer, unter den Handelsnamen Priplas oder Pripol® von der Firma Uniqema, unter den Handelsnamen Chempol® Polyester oder Polyacrylat-Polyol von der CCP, unter den Handelsnamen Crodapol® 0-85 oder 0-86 von der Firma Croda oder unter dem Handelsnamen Formrez® ER417 von der Firma Witco vertrieben.

20

Beispiele geeigneter Vernetzungsmittel (a7) sind blockierte Di- und/oder Polyisocyanate.

| Beispiele geeigneter Di- und/oder Polyisocyanate für die Herstellung der blockierten Derivate (a7) sind organische Polyisocyanate, insbesondere sogenannte Lackpolyisocyanate, 25 mit aliphatisch, cycloaliphatisch, araliphatisch und/oder aromatisch gebundenen, freien Isocyanatgruppen. Bevorzugt werden Polyisocyanate mit 2 bis 5 Isocyanatgruppen pro Molekül und mit Viskositäten von 100 bis 10.000, vorzugsweise 100 bis 5000 und insbesondere 100 bis 2000 mPas (bei 23°C) eingesetzt. Gegebenenfalls können den Polyisocyanaten noch geringe Mengen organisches Lösemittel, bevorzugt 1 bis 25 Gew.-%, 30 bezogen auf reines Polyisocyanat, zugegeben werden, um so die Einarbeitbarkeit des Isocyanates zu verbessern und gegebenenfalls die Viskosität des Polyisocyanats auf einen Wert innerhalb der obengenannten Bereiche abzusenken. Als Lösungsmittel geeignete Lösemittel die Polyisocyanate sind beispielsweise Ethoxyethylpropionat, Amylmethylketon

oder Butylacetat. Außerdem können die Polyisocyanate in üblicher und bekannter Weise hydrophil oder hydrophob modifiziert sein.

Beispiele für geeignete Polyisocyanate sind beispielsweise in "Methoden der organischen Chemie", Houben-Weyl, Band 14/2, 4. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1963, Seite 5 61 bis 70, und von W. Siefken, Liebigs Annalen der Chemie, Band 562, Seiten 75 bis 136, beschrieben. Beispielsweise geeignet sind die isocyanatgruppenhaltigen Polyurethanpräpolymere, die durch Reaktion von Polyolen mit einem Überschuß an Polyisocyanaten hergestellt werden können und die bevorzugt niederviskos sind.

10

Weitere Beispiele geeigneter Polyisocyanate sind Isocyanurat-, Biuret-, Allophanat-, Iminooxadiazindon-, Urethan-, Harnstoff- und/oder Uretdiongruppen aufweisende Polyisocyanate. Urethangruppen aufweisende Polyisocyanate werden beispielsweise durch Umsetzung eines Teils der Isocyanatgruppen mit Polyolen, wie z.B. Trimethylolpropan und 15 Glycerin, erhalten. Vorzugsweise werden aliphatische oder cycloaliphatische Polyisocyanate, insbesondere Hexamethylendiisocyanat, dimerisiertes und trimerisiertes Hexamethylendiisocyanat, Isophorondiisocyanat, 2-Isocyanatopropylcyclohexylisocyanat, Dicyclohexylmethan-2,4'-diisocyanat, Dicyclohexylmethan-4,4'-diisocyanat oder 1,3-Bis(isocyanatomethyl)cyclohexan, Diisocyanate, abgeleitet von Dimerfettsäuren, wie sie 20 unter der Handelsbezeichnung DDI 1410 von der Firma Henkel vertrieben werden, 1,8-Diisocyanato-4-isocyanatomethyl-oktan, 1,7-Diisocyanato-4-isocyanatomethyl-heptan oder 1-Isocyanato-2-(3-isocyanatopropyl)cyclohexan oder Mischungen aus diesen Polyisocyanaten eingesetzt.

25 Ganz besonders bevorzugt werden Gemische aus Uretdion- und/oder Isocyanuratgruppen und/oder Allophanatgruppen aufweisenden Polyisocyanaten auf Basis von Hexamethylendiisocyanat, wie sie durch katalytische Oligomerisierung von Hexamethylendiisocyanat unter Verwendung von geeigneten Katalysatoren entstehen, eingesetzt. Der Polyisocyanatbestandteil kann im übrigen auch aus beliebigen Gemischen 30 der beispielhaft genannten freien Polyisocyanate bestehen.

Als Blockierungsmittel wird sich auf die aus der US-Patentschrift US-A-4,444,954 bekannten Blockierungsmittel wie

i) Phenole wie Phenol, Cresol, Xylenol, Nitrophenol, Chlorophenol, Ethylphenol, t-Butylphenol, Hydroxybenzoësäure, Ester dieser Säure oder 2,5-di-tert.-Butyl-4-hydroxytoluol;

5 ii) Lactame, wie ϵ -Caprolactam, δ -Valerolactam, γ -Butyrolactam oder β -Propiolactam;

iii) aktive methylenische Verbindungen, wie Diethylmalonat, Dimethylmalonat, Acetessigsäureethyl- oder -methylester oder Acetylaceton;

10 iv) Alkohole wie Methanol, Ethanol, n-Propanol, Isopropanol, n-Butanol, Isobutanol, t-Butanol, n-Amylalkohol, t-Amylalkohol, Laurylalkohol, Ethylenglykolmonomethylether, Ethylenglykolmonobutylether, Diethylenglykolmonoethylether, Diethylenglykolmonomethylether, Propylenglykolmonomethylether, Methoxymethanol, Glykolsäure, Glykolsäureester, Milchsäure, Milchsäureester, Methylolharnstoff, Methylolmelamin, Diacetonalkohol, Ethylenchlorhydrin, Ethylenbromhydrin, 1,3-Dichloro-2-propanol, 1,4-Cyclohexyldimethanol oder Acetocyanhydrin;

20 v) Mercaptane wie Butylmercantan, Hexylmercantan, t-Butylmercantan, t-Dodecylmercantan, 2-Mercaptobenzothiazol, Thiophenol, Methylthiophenol oder Ethylthiophenol;

25 vi) Säureamide wie Acetoanilid, Acetoanisidinamid, Acrylamid, Methacrylamid, Essigsäureamid, Stearinsäureamid oder Benzamid;

vii) Imide wie Succinimid, Phthalimid oder Maleimid;

30 viii) Amine wie Diphenylamin, Phenylnaphthylamin, Xylidin, N-Phenylxylidin, Carbazol, Anilin, Naphthylamin, Butylamin, Dibutylamin oder Butylphenylamin;

ix) Imidazole wie Imidazol oder 2-Ethylimidazol,

23.04.1999

x) Harnstoffe wie Harnstoff, Thioharnstoff, Ethylenharnstoff, Ethylenthioharnstoff oder 1,3-Diphenylharnstoff;

xi) Carbamate wie N-Phenylcarbamidsäurephenylester oder 2-Oxazolidon;

5

xii) Imine wie Ethylenimin;

xiii) Oxime wie Acetonoxim, Formaldoxim, Acetaldoxim, Acetoxim, Methylethylketoxim, Diisobutylketoxim, Diacetylmonoxim, Benzophenonoxim oder 10 Chlorohexanonoxime;

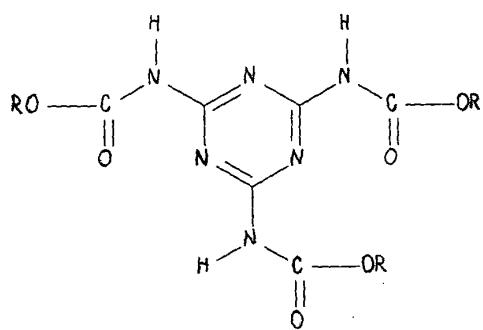
xiv) Salze der schwefeligen Säure wie Natriumbisulfit oder Kaliumbisulfit;

xv) Hydroxamsäureester wie Benzylmethacrylohydroxamat (BMH) oder Allylmethacrylohydroxamat; oder

xvi) substituierte Pyrazole, Ketoxime, Imidazole oder Triazole; sowie

Gemische dieser Blockierungsmittel, insbesondere Dimethylpyrazol und Triazole, 20 Malonester und Acetessigsäureester oder Dimethylpyrazol und Succinimid.

Als Vernetzungsmittel (a7) können auch Tris(alkoxycarbonylamino)triazine der allgemeinen Formel 5



25

eingesetzt werden.

Beispiele geeigneter Tris(alkoxycarbonylamino)triazine (a7) werden in den Patentschriften US-A-4,939,213, US-A-5,084,541 oder der EP-A-0 624 577 beschrieben. Insbesondere werden die Tris(methoxy-, Tris(butoxy- und/oder Tris(2-ethylhexoxycarbonylamino)triazine verwendet.

Von Vorteil sind die Methyl-Butyl-Mischester, die Butyl-2-Ethylhexyl-Mischester und die Butylester. Diese haben gegenüber dem reinen Methylester den Vorzug der besseren Löslichkeit in Polymerschmelzen und neigen auch weniger zum Auskristallisieren.

10

Insbesondere sind Aminoplastharze, beispielsweise Melaminharze, als Vernetzungsmittel (a7) verwendbar. Hierbei kann jedes für transparente Decklacke oder Klarlacke geeignete Aminoplastharz oder eine Mischung aus solchen Aminoplastharzen verwendet werden. Insbesondere kommen die üblichen und bekannten Aminoplastharze in Betracht, deren 15 Methylol- und/oder Methoxymethylgruppen z. T. mittels Carbamat- oder Allophanatgruppen defunktionalisiert sind. Vernetzungsmittel dieser Art werden in den Patentschriften US-A-4 710 542 und EP-B-0 245 700 sowie in dem Artikel von B. Singh und Mitarbeiter "Carbamylmethylated Melamines, Novel Crosslinkers for the Coatings Industry" in Advanced Organic Coatings Science and Technology Series, 1991, Band 13, 20 Seiten 193 bis 207, beschrieben. Überdies können die Aminoplastharze auch als Bindemittel (a11) in der Basisfarbe (A1) verwendet werden.

Weitere Beispiele geeigneter Vernetzungsmittel (a7) sind beta-Hydroxyalkylamide wie N,N,N',N'-Tetrakis(2-hydroxyethyl)adipamid oder N,N,N',N'-Tetrakis(2-hydroxypropyl)-25 adipamid.

Weitere Beispiele geeigneter Vernetzungsmittel (a7) sind Siloxane, insbesondere Siloxane mit mindestens einer Trialkoxy- oder Dialkoxy-silangruppe.

30 Weitere Beispiele geeigneter Vernetzungsmittel (a7) sind Polyanhydride, insbesondere Polysuccinsäureanhydrid.

Wenn der Beschichtungsstoff I ein Harz (a1) enthält, welches keine funktionellen Gruppen (a12) aufweist, ist der Bestandteil (a7) in dem Beschichtungsstoff I zwingend enthalten.

Erfnungsgemäß ist es hierbei von Vorteil, wenn zu diesem Zweck die vorstehend beschriebenen Bindemittel (a7) verwendet werden.

Insgesamt ist es für den erfungsgemäßen Beschichtungsstoff von Vorteil, wenn die 5 komplementären funktionellen Gruppen (a12) und (a22), insbesondere Hydroxylgruppen und die Isocyanatgruppen, in einem molaren Verhältnis von OH/NCO von 0,5 bis 2 : 1, besonders bevorzugt 0,8 bis 1,5 : 1, ganz besonders bevorzugt 0,8 bis 1,2 : 1 und insbesondere 0,8 bis 1,0 : 1 vorliegen.

10 Der erfungsgemäß zu verwendende Beschichtungsstoff I kann in unterschiedlichen Formen vorliegen. So kann er bei entsprechender Wahl seiner vorstehend beschriebenen Bestandteile als flüssiger Beschichtungsstoff I vorliegen, welcher im wesentlichen frei von organischen Lösemitteln und/oder Wasser ist. Indes kann es sich bei dem Beschichtungsstoff I um eine Lösung oder Dispersion der vorstehend beschriebenen Bestandteile in Wasser 15 und/oder organischen Lösemitteln handeln. Des weiteren kann der Beschichtungsstoff I bei entsprechender Wahl seiner vorstehend beschriebenen Bestandteile ein Pulverklarlack I sein. Dieser Pulverklarlack I kann gegebenenfalls in Wasser dispergiert werden, wodurch ein Pulverslurry-Klarlack I resultiert. Dabei kann der Beschichtungstoff I, wenn es die Reaktivität seiner Bestandteile (a1)und/oder (a7) einerseits und (a2) andererseits zuläßt, ein 20 Einkomponentensystem sein. Besteht indes die Gefahr, daß die genannten Bestandteile vorzeitig thermisch vernetzen, empfiehlt es sich den Beschichtungsstoff I als Zwei- oder Mehrkomponentensystem auszulegen, bei dem zumindest der Bestandteil (a2) getrennt von den übrigen Bestandteilen gelagert und erst kurz vor der Verwendung zu diesen hinzugegeben wird.

25

Im zweiten Verfahrensschritt wird auf die partiell ausgehärtete Klarlackschicht I eine weitere Klarlackschicht II aus einem mit aktinischer Strahlung sowie gegebenenfalls thermisch härtbaren Beschichtungsstoff II appliziert.

30 Auch der Beschichtungsstoff II kann als Flüssigkeit, Lösung, Dispersion, Pulverklarlack oder Pulverslurry-Klarlack I vorliegen. Für seine Applikation kommen die vorstehend bei dem Beschichtungsstoff I beschriebenen Methoden zur Anwendung. Erfnungsgemäß ist es von Vorteil, den Beschichtungsstoff II in einer Naßschichtdicke aufzutragen, das nach der Härtung die Klarlackschicht II in der erfungsgemäßen Klarlackierung A eine

Trockenschichtdicke von vorzugsweise 2 bis 15, besonders bevorzugt 3 bis 10 und insbesondere 4 bis 8 µm hat.

Die wesentlichen Bestandteile des Beschichtungsstoffs II sind Nanopartikel, insbesondere
5 solche auf der Basis von Siliziumdioxid, Aluminiumoxid und Zirkoniumoxid. Sie weisen
eine Teilchengröße < 50 nm auf und haben keinen Mattierungseffekt. Bevorzugt werden
Nanopartikel auf der Basis von Aluminiumoxid und Zirkoniumoxid verwendet.

Beispiele geeigneter Nanopartikel auf der Basis von Siliziumdioxid sind pyrogene
10 Siliziumdioxide, welche unter dem Handelsnamen Aerosil® VP8200, VP721 oder R972 von
der Firma Degussa oder den Handelsnamen Cab O Sil® TS 610, CT 1110F oder CT 1110G
von der Firma CABOT vertrieben werden.

Im allgemeinen werden diese Nanopartikel in der Form von Dispersionen in mit aktinischer
15 Strahlung härtbaren Monomeren wie die vorstehend beschriebenen Reaktivverdünnern (a5)
vertrieben. Beispiele geeigneter Monomere, welche für den vorliegenden
Verwendungszweck besonders gut geeignet sind, sind alkoxyliertes Pentaerythrit-tetra- oder
–triacrylat, Ditrimethylolpropan-tetra- oder –triacrylat, Dineopentylglykoldiacrylat,
Trimethylolpropantriacylat, Trishydroxyethylisocyanuratriacylat, Dipentaerythritpenta-
20 oder – hexaacrylat oder Hexandioldiacrylat. Im allgemeinen enthalten diese Dispersionen die
Nanopartikel in einer Menge von, jeweils bezogen auf die Dispersionen, 10 bis 80 Gew.-%,
vorzugsweise 15 bis 70 Gew.-%, besonders bevorzugt 20 bis 60 Gew.-% und insbesondere
25 bis 50 Gew.-%.

25 Ein Beispiel für eine erfindungsgemäß besonders gut geeignete Dispersion von
Nanopartikeln ist die Dispersion, welche unter dem Handelsnamen High Link® OG 103-31
von der Firma Clariant Hoechst vertrieben wird.

Die Dispersionen der Nanopartikel sind in dem Beschichtungsstoff II vorteilhafterweise in
30 einer Menge von 2 bis 30 Gew.-%, besonders bevorzugt 3 bis 25 Gew.-% und insbesondere
5 bis 20 Gew.-%, jeweils bezogen auf die Gesamtmenge des Beschichtungsstoffs II,
enthalten.

Des weiteren enthält der Beschichtungsstoff II ein mit aktinischer Strahlung härtbares Harz. Beispiele geeigneter mit aktinischer Strahlung härtbarer Harze entstammen den Oligomer- und Polymerklassen, welche vorstehend bei dem Harz (a1) beschrieben werden.

5 Erfindungsgemäß ist es von Vorteil, wenn die im Beschichtungsstoff II verwendeten Harze keine funktionellen Gruppen (a12) oder (a22) aufweisen. Von diesen Harzen weisen die Urethan(meth)acrylate und die (Meth)Acrylatoligomere besondere Vorteile auf und werden deshalb erfindungsgemäß besonders bevorzugt verwendet.

10 Das Harz wird vorteilhafterweise in einer Menge von 5 bis 90 Gew.-%, besonders bevorzugt 10 bis 80 Gew.-% und insbesondere 20 bis 70 Gew.-%, jeweils bezogen auf die Gesamtmenge des Beschichtungsstoffs II, angewandt.

15 Darüber hinaus kann der Beschichtungsstoff II die vorstehend bei dem Beschichtungsstoff I beschriebenen Bestandteile (a3), (a4), (a5), (a6) und/oder (a7) in den dort angegebenen Mengen enthalten.

In erfindungsgemäßer Verfahrensweise werden in dem Verfahrensschritt 3 die Klarlackschichten I und II gemeinsam mit aktinischer Strahlung und thermisch ausgehärtet. 20 Auch hierbei kommen die vorstehend beider partiellen Aushärtung der Klarlackschicht I beschriebenen Methoden und Vorrichtungen zur Anwendung.

25 In dem alternativen erfindungsgemäßen Verfahren A, welches insbesondere für die Automobilreparaturlackierung besondere Vorteile hat, wird oder werden die applizierten Klarlackschicht(en) I im ersten Verfahrensschritt nicht partiell sondern vollständig ausgehärtet, wobei die vorstehend beschriebenen Methoden und Vorrichtungen zur Anwendung kommen. Anschließend wird die äußere Oberfläche der Klarlackschicht(en) I aufgerauht. Hierbei kommen die üblichen und bekannten Aufrauhmethoden wie Schleifen 30 mit Sandpapier oder Stahlwolle oder Feilen oder Bürsten in Betracht. Hiernach wird im zweiten Verfahrensschritt die vorstehend beschriebene Klarlackschicht II appliziert und mit aktinischer Strahlung sowie gegebenenfalls thermisch ausgehärtet, wobei auch hier wieder die vorstehend beschriebenen Methoden und Vorrichtungen zur Anwendung kommen.

Die vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Klarlackschichten A, welche vorzugsweise mit Hilfe der erfindungsgemäßen Verfahren A hergestellt werden, können auch Bestandteil der erfindungsgemäßen Mehrschichtlackierungen B sein. Vorteilhafterweise werden diese mit Hilfe der erfindungsgemäßen Verfahren B hergestellt.

5

Zu diesem Zweck wird oder werden die Klarlackschicht(en) I im ersten Verfahrensschritt nicht auf die grundierten oder ungrundierten Substrate, sondern auf mindestens eine hierauf befindliche farb- und/oder effektgebende Basislackschicht III aus einem thermisch sowie gegebenenfalls mit aktinischer Strahlung härtbaren pigmentierten Beschichtungsstoff III 10 appliziert.

Erfindungsgemäß ist es von Vorteil, die Klarlackschicht(en) I nach dem Naß-in-naß-Verfahren auf die getrocknete oder abgelüftete, indes nicht ausgehärtete Basislackschicht III aufzutragen.

15

Hiernach werden in einer ersten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens B die Basislackschicht(en) III und die Klarlackschicht(en) I partiell ausgehärtet. Danach wird im dritten Verfahrensschritt die Klarlackschicht II appliziert, wonach man die Basislackschicht(en) III, Klarlackschicht(en) I und Klarlackschicht II gemeinsam mit 20 aktinischer Strahlung und thermisch aushärtet.

In der zweiten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens B werden im dritten Verfahrensschritt die Basislackschicht(en) III und die Klarlackschicht(en) I vollständig ausgehärtet, wonach man die äußere Oberfläche im vierten Verfahrensschritt der 25 Klarlackschicht(en) I aufrauht. Hiernach wird im fünften Verfahrensschritt die Klarlackschicht II appliziert und im sechsten Verfahrensschritt vollständig ausgehärtet.

Als Beschichtungsstoff III für die Herstellung der Basislackschicht III kommen die üblichen und bekannten Basislacke, insbesondere Wasserbasislacke, in Betracht.

30

Beispiele geeigneter Wasserbasislacke sind aus den Patentschriften EP-A-0 089 497, EP-A-0 250 340, EP-A-0 260 441, EP-A-0 271 333, EP-A-0 272 334, EP-A-0 273 335, EP-A-0 274 336, EP-A-0 275 337, EP-A-0 276 338, EP-A-0 277 339, EP-A-0 278 340, EP-A-0 279 341, EP-A-0 280 342, EP-A-0 281 343, EP-A-0 282 344, EP-A-0 283 345, EP-A-0 284 346, EP-A-0 285 347, EP-A-0 286 348, EP-A-0 287 349, EP-A-0 288 350, EP-A-0 289 351, EP-A-0 290 352, EP-A-0 291 353, EP-A-0 292 354, EP-A-0 293 355, EP-A-0 294 356, EP-A-0 295 357, EP-A-0 296 358, EP-A-0 297 359, EP-A-0 298 360, EP-A-0 299 361, EP-A-0 300 362, EP-A-0 301 363, EP-A-0 302 364, EP-A-0 303 365, EP-A-0 304 366, EP-A-0 305 367, EP-A-0 306 368, EP-A-0 307 369, EP-A-0 308 370, EP-A-0 309 371, EP-A-0 310 372, EP-A-0 311 373, EP-A-0 312 374, EP-A-0 313 375, EP-A-0 314 376, EP-A-0 315 377, EP-A-0 316 378, EP-A-0 317 379, EP-A-0 318 380, EP-A-0 319 381, EP-A-0 320 382, EP-A-0 321 383, EP-A-0 322 384, EP-A-0 323 385, EP-A-0 324 386, EP-A-0 325 387, EP-A-0 326 388, EP-A-0 327 389, EP-A-0 328 390, EP-A-0 329 391, EP-A-0 330 392, EP-A-0 331 393, EP-A-0 332 394, EP-A-0 333 395, EP-A-0 334 396, EP-A-0 335 397, EP-A-0 336 398, EP-A-0 337 399, EP-A-0 338 400, EP-A-0 339 401, EP-A-0 340 402, EP-A-0 341 403, EP-A-0 342 404, EP-A-0 343 405, EP-A-0 344 406, EP-A-0 345 407, EP-A-0 346 408, EP-A-0 347 409, EP-A-0 348 410, EP-A-0 349 411, EP-A-0 350 412, EP-A-0 351 413, EP-A-0 352 414, EP-A-0 353 415, EP-A-0 354 416, EP-A-0 355 417, EP-A-0 356 418, EP-A-0 357 419, EP-A-0 358 420, EP-A-0 359 421, EP-A-0 360 422, EP-A-0 361 423, EP-A-0 362 424, EP-A-0 363 425, EP-A-0 364 426, EP-A-0 365 427, EP-A-0 366 428, EP-A-0 367 429, EP-A-0 368 430, EP-A-0 369 431, EP-A-0 370 432, EP-A-0 371 433, EP-A-0 372 434, EP-A-0 373 435, EP-A-0 374 436, EP-A-0 375 437, EP-A-0 376 438, EP-A-0 377 439, EP-A-0 378 440, EP-A-0 379 441, EP-A-0 380 442, EP-A-0 381 443, EP-A-0 382 444, EP-A-0 383 445, EP-A-0 384 446, EP-A-0 385 447, EP-A-0 386 448, EP-A-0 387 449, EP-A-0 388 450, EP-A-0 389 451, EP-A-0 390 452, EP-A-0 391 453, EP-A-0 392 454, EP-A-0 393 455, EP-A-0 394 456, EP-A-0 395 457, EP-A-0 396 458, EP-A-0 397 459, EP-A-0 398 460, EP-A-0 399 461, EP-A-0 400 462, EP-A-0 401 463, EP-A-0 402 464, EP-A-0 403 465, EP-A-0 404 466, EP-A-0 405 467, EP-A-0 406 468, EP-A-0 407 469, EP-A-0 408 470, EP-A-0 409 471, EP-A-0 410 472, EP-A-0 411 473, EP-A-0 412 474, EP-A-0 413 475, EP-A-0 414 476, EP-A-0 415 477, EP-A-0 416 478, EP-A-0 417 479, EP-A-0 418 480, EP-A-0 419 481, EP-A-0 420 482, EP-A-0 421 483, EP-A-0 422 484, EP-A-0 423 485, EP-A-0 424 486, EP-A-0 425 487, EP-A-0 426 488, EP-A-0 427 489, EP-A-0 428 490, EP-A-0 429 491, EP-A-0 430 492, EP-A-0 431 493, EP-A-0 432 494, EP-A-0 433 495, EP-A-0 434 496, EP-A-0 435 497, EP-A-0 436 498, EP-A-0 437 499, EP-A-0 438 500, EP-A-0 439 501, EP-A-0 440 502, EP-A-0 441 503, EP-A-0 442 504, EP-A-0 443 505, EP-A-0 444 506, EP-A-0 445 507, EP-A-0 446 508, EP-A-0 447 509, EP-A-0 448 510, EP-A-0 449 511, EP-A-0 450 512, EP-A-0 451 513, EP-A-0 452 514, EP-A-0 453 515, EP-A-0 454 516, EP-A-0 455 517, EP-A-0 456 518, EP-A-0 457 519, EP-A-0 458 520, EP-A-0 459 521, EP-A-0 460 522, EP-A-0 461 523, EP-A-0 462 524, EP-A-0 463 525, EP-A-0 464 526, EP-A-0 465 527, EP-A-0 466 528, EP-A-0 467 529, EP-A-0 468 530, EP-A-0 469 531, EP-A-0 470 532, EP-A-0 471 533, EP-A-0 472 534, EP-A-0 473 535, EP-A-0 474 536, EP-A-0 475 537, EP-A-0 476 538, EP-A-0 477 539, EP-A-0 478 540, EP-A-0 479 541, EP-A-0 480 542, EP-A-0 481 543, EP-A-0 482 544, EP-A-0 483 545, EP-A-0 484 546, EP-A-0 485 547, EP-A-0 486 548, EP-A-0 487 549, EP-A-0 488 550, EP-A-0 489 551, EP-A-0 490 552, EP-A-0 491 553, EP-A-0 492 554, EP-A-0 493 555, EP-A-0 494 556, EP-A-0 495 557, EP-A-0 496 558, EP-A-0 497 559, EP-A-0 498 560, EP-A-0 499 561, EP-A-0 500 562, EP-A-0 501 563, EP-A-0 502 564, EP-A-0 503 565, EP-A-0 504 566, EP-A-0 505 567, EP-A-0 506 568, EP-A-0 507 569, EP-A-0 508 570, EP-A-0 509 571, EP-A-0 510 572, EP-A-0 511 573, EP-A-0 512 574, EP-A-0 513 575, EP-A-0 514 576, EP-A-0 515 577, EP-A-0 516 578, EP-A-0 517 579, EP-A-0 518 580, EP-A-0 519 581, EP-A-0 520 582, EP-A-0 521 583, EP-A-0 522 584, EP-A-0 523 585, EP-A-0 524 586, EP-A-0 525 587, EP-A-0 526 588, EP-A-0 527 589, EP-A-0 528 590, EP-A-0 529 591, EP-A-0 530 592, EP-A-0 531 593, EP-A-0 532 594, EP-A-0 533 595, EP-A-0 534 596, EP-A-0 535 597, EP-A-0 536 598, EP-A-0 537 599, EP-A-0 538 600, EP-A-0 539 601, EP-A-0 540 602, EP-A-0 541 603, EP-A-0 542 604, EP-A-0 543 605, EP-A-0 544 606, EP-A-0 545 607, EP-A-0 546 608, EP-A-0 547 609, EP-A-0 548 610, EP-A-0 549 611, EP-A-0 550 612, EP-A-0 551 613, EP-A-0 552 614, EP-A-0 553 615, EP-A-0 554 616, EP-A-0 555 617, EP-A-0 556 618, EP-A-0 557 619, EP-A-0 558 620, EP-A-0 559 621, EP-A-0 560 622, EP-A-0 561 623, EP-A-0 562 624, EP-A-0 563 625, EP-A-0 564 626, EP-A-0 565 627, EP-A-0 566 628, EP-A-0 567 629, EP-A-0 568 630, EP-A-0 569 631, EP-A-0 570 632, EP-A-0 571 633, EP-A-0 572 634, EP-A-0 573 635, EP-A-0 574 636, EP-A-0 575 637, EP-A-0 576 638, EP-A-0 577 639, EP-A-0 578 640, EP-A-0 579 641, EP-A-0 580 642, EP-A-0 581 643, EP-A-0 582 644, EP-A-0 583 645, EP-A-0 584 646, EP-A-0 585 647, EP-A-0 586 648, EP-A-0 587 649, EP-A-0 588 650, EP-A-0 589 651, EP-A-0 590 652, EP-A-0 591 653, EP-A-0 592 654, EP-A-0 593 655, EP-A-0 594 656, EP-A-0 595 657, EP-A-0 596 658, EP-A-0 597 659, EP-A-0 598 660, EP-A-0 599 661, EP-A-0 600 662, EP-A-0 601 663, EP-A-0 602 664, EP-A-0 603 665, EP-A-0 604 666, EP-A-0 605 667, EP-A-0 606 668, EP-A-0 607 669, EP-A-0 608 670, EP-A-0 609 671, EP-A-0 610 672, EP-A-0 611 673, EP-A-0 612 674, EP-A-0 613 675, EP-A-0 614 676, EP-A-0 615 677, EP-A-0 616 678, EP-A-0 617 679, EP-A-0 618 680, EP-A-0 619 681, EP-A-0 620 682, EP-A-0 621 683, EP-A-0 622 684, EP-A-0 623 685, EP-A-0 624 686, EP-A-0 625 687, EP-A-0 626 688, EP-A-0 627 689, EP-A-0 628 690, EP-A-0 629 691, EP-A-0 630 692, EP-A-0 631 693, EP-A-0 632 694, EP-A-0 633 695, EP-A-0 634 696, EP-A-0 635 697, EP-A-0 636 698, EP-A-0 637 699, EP-A-0 638 700, EP-A-0 639 701, EP-A-0 640 702, EP-A-0 641 703, EP-A-0 642 704, EP-A-0 643 705, EP-A-0 644 706, EP-A-0 645 707, EP-A-0 646 708, EP-A-0 647 709, EP-A-0 648 710, EP-A-0 649 711, EP-A-0 650 712, EP-A-0 651 713, EP-A-0 652 714, EP-A-0 653 715, EP-A-0 654 716, EP-A-0 655 717, EP-A-0 656 718, EP-A-0 657 719, EP-A-0 658 720, EP-A-0 659 721, EP-A-0 660 722, EP-A-0 661 723, EP-A-0 662 724, EP-A-0 663 725, EP-A-0 664 726, EP-A-0 665 727, EP-A-0 666 728, EP-A-0 667 729, EP-A-0 668 730, EP-A-0 669 731, EP-A-0 670 732, EP-A-0 671 733, EP-A-0 672 734, EP-A-0 673 735, EP-A-0 674 736, EP-A-0 675 737, EP-A-0 676 738, EP-A-0 677 739, EP-A-0 678 740, EP-A-0 679 741, EP-A-0 680 742, EP-A-0 681 743, EP-A-0 682 744, EP-A-0 683 745, EP-A-0 684 746, EP-A-0 685 747, EP-A-0 686 748, EP-A-0 687 749, EP-A-0 688 750, EP-A-0 689 751, EP-A-0 690 752, EP-A-0 691 753, EP-A-0 692 754, EP-A-0 693 755, EP-A-0 694 756, EP-A-0 695 757, EP-A-0 696 758, EP-A-0 697 759, EP-A-0 698 760, EP-A-0 699 761, EP-A-0 700 762, EP-A-0 701 763, EP-A-0 702 764, EP-A-0 703 765, EP-A-0 704 766, EP-A-0 705 767, EP-A-0 706 768, EP-A-0 707 769, EP-A-0 708 770, EP-A-0 709 771, EP-A-0 710 772, EP-A-0 711 773, EP-A-0 712 774, EP-A-0 713 775, EP-A-0 714 776, EP-A-0 715 777, EP-A-0 716 778, EP-A-0 717 779, EP-A-0 718 780, EP-A-0 719 781, EP-A-0 720 782, EP-A-0 721 783, EP-A-0 722 784, EP-A-0 723 785, EP-A-0 724 786, EP-A-0 725 787, EP-A-0 726 788, EP-A-0 727 789, EP-A-0 728 790, EP-A-0 729 791, EP-A-0 730 792, EP-A-0 731 793, EP-A-0 732 794, EP-A-0 733 795, EP-A-0 734 796, EP-A-0 735 797, EP-A-0 736 798, EP-A-0 737 799, EP-A-0 738 800, EP-A-0 739 801, EP-A-0 740 802, EP-A-0 741 803, EP-A-0 742 804, EP-A-0 743 805, EP-A-0 744 806, EP-A-0 745 807, EP-A-0 746 808, EP-A-0 747 809, EP-A-0 748 810, EP-A-0 749 811, EP-A-0 750 812, EP-A-0 751 813, EP-A-0 752 814, EP-A-0 753 815, EP-A-0 754 816, EP-A-0 755 817, EP-A-0 756 818, EP-A-0 757 819, EP-A-0 758 820, EP-A-0 759 821, EP-A-0 760 822, EP-A-0 761 823, EP-A-0 762 824, EP-A-0 763 825, EP-A-0 764 826, EP-A-0 765 827, EP-A-0 766 828, EP-A-0 767 829, EP-A-0 768 830, EP-A-0 769 831, EP-A-0 770 832, EP-A-0 771 833, EP-A-0 772 834, EP-A-0 773 835, EP-A-0 774 836, EP-A-0 775 837, EP-A-0 776 838, EP-A-0 777 839, EP-A-0 778 840, EP-A-0 779 841, EP-A-0 780 842, EP-A-0 781 843, EP-A-0 782 844, EP-A-0 783 845, EP-A-0 784 846, EP-A-0 785 847, EP-A-0 786 848, EP-A-0 787 849, EP-A-0 788 850, EP-A-0 789 851, EP-A-0 790 852, EP-A-0 791 853, EP-A-0 792 854, EP-A-0 793 855, EP-A-0 794 856, EP-A-0 795 857, EP-A-0 796 858, EP-A-0 797 859, EP-A-0 798 860, EP-A-0 799 861, EP-A-0 800 862, EP-A-0 801 863, EP-A-0 802 864, EP-A-0 803 865, EP-A-0 804 866, EP-A-0 805 867, EP-A-0 806 868, EP-A-0 807 869, EP-A-0 808 870, EP-A-0 809 871, EP-A-0 810 872, EP-A-0 811 873, EP-A-0 812 874, EP-A-0 813 875, EP-A-0 814 876, EP-A-0 815 877, EP-A-0 816 878, EP-A-0 817 879, EP-A-0 818 880, EP-A-0 819 881, EP-A-0 820 882, EP-A-0 821 883, EP-A-0 822 884, EP-A-0 823 885, EP-A-0 824 886, EP-A-0 825 887, EP-A-0 826 888, EP-A-0 827 889, EP-A-0 828 890, EP-A-0 829 891, EP-A-0 830 892, EP-A-0 831 893, EP-A-0 832 894, EP-A-0 833 895, EP-A-0 834 896, EP-A-0 835 897, EP-A-0 836 898, EP-A-0 837 899, EP-A-0 838 900, EP-A-0 839 901, EP-A-0 840 902, EP-A-0 841 903, EP-A-0 842 904, EP-A-0 843 905, EP-A-0 844 906, EP-A-0 845 907, EP-A-0 846 908, EP-A-0 847 909, EP-A-0 848 910, EP-A-0 849 911, EP-A-0 850 912, EP-A-0 851 913, EP-A-0 852 914, EP-A-0 853 915, EP-A-0 854 916, EP-A-0 855 917, EP-A-0 856 918, EP-A-0 857 919, EP-A-0 858 920, EP-A-0 859 921, EP-A-0 860 922, EP-A-0 861 923, EP-A-0 862 924, EP-A-0 863 925, EP-A-0 864 926, EP-A-0 865 927, EP-A-0 866 928, EP-A-0 867 929, EP-A-0 868 930, EP-A-0 869 931, EP-A-0 870 932, EP-A-0 871 933, EP-A-0 872 934, EP-A-0 873 935, EP-A-0 874 936, EP-A-0 875 937, EP-A-0 876 938, EP-A-0 877 939, EP-A-0 878 940, EP-A-0 879 941, EP-A-0 880 942, EP-A-0 881 943, EP-A-0 882 944, EP-A-0 883 945, EP-A-0 884 946, EP-A-0 885 947, EP-A-0 886 948, EP-A-0 887 949, EP-A-0 888 950, EP-A-0 889 951, EP-A-0 890 952, EP-A-0 891 953, EP-A-0 892 954, EP-A-0 893 955, EP-A-0 894 956, EP-A-0 895 957, EP-A-0 896 958, EP-A-0 897 959, EP-A-0 898 960, EP-A-0 899 961, EP-A-0 900 962, EP-A-0 901 963, EP-A-0 902 964, EP-A-0 903 965, EP-A-0 904 966, EP-A-0 905 967, EP-A-0 906 968, EP-A-0 907 969, EP-A-0 908 970, EP-A-0 909 971, EP-A-0 910 972, EP-A-0 911 973, EP-A-0 912 974, EP-A-0 913 975, EP-A-0 914 976, EP-A-0 915 977, EP-A-0 916 978, EP-A-0 917 979, EP-A-0 918 980, EP-A-0 919 981, EP-A-0 920 982, EP-A-0 921 983, EP-A-0 922 984, EP-A-0 923 985, EP-A-0 924 986, EP-A-0 925 987, EP-A-0 926 988, EP-A-0 927 989, EP-A-0 928 990, EP-A-0 929 991, EP-A-0 930 992, EP-A-0 931 993, EP-A-0 932 994, EP-A-0 933 995, EP-A-0 934 996, EP-A-0 935 997, EP-A-0 936 998, EP-A-0 937 999, EP-A-0 938 1000, EP-A-0 939 1001, EP-A-0 940 1002, EP-A-0 941 1003, EP-A-0 942 1004, EP-A-0 943 1005, EP-A-0 944 1006, EP-A-0 945 1007, EP-A-0 946 1008, EP-A-0 947 1009, EP-A-0 948 1010, EP-A-0 949 1011, EP-A-0 950 1012, EP-A-0 951 1013, EP-A-0 952 1014, EP-A-0 953 1015, EP-A-0 954 1016, EP-A-0 955 1017, EP-A-0 956 1018, EP-A-0 957 1019, EP-A-0 958 1020, EP-A-0 959 1021, EP-A-0 960 1022, EP-A-0 961 1023, EP-A-0 962 1024, EP-A-0 963 1025, EP-A-0 964 1026, EP-A-0 965 1027, EP-A-0 966 1028, EP-A-0 967 1029, EP-A-0 968 1030, EP-A-0 969 1031, EP-A-0 970 1032, EP-A-0 971 1033, EP-A-0 972 1034, EP-A-0 973 1035, EP-A-0 974 1036, EP-A-0 975 1037, EP-A-0 976 1038, EP-A-0 977 1039, EP-A-0 978 1040, EP-A-0 979 1041, EP-A-0 980 1042, EP-A-0 981 1043, EP-A-0 982 1044, EP-A-0 983 1045, EP-A-0 984 1046, EP-A-0 985 1047, EP-A-0 986 1048, EP-A-0 987 1049, EP-A-0 988 1050, EP-A-0 989 1051, EP-A-0 990 1052, EP-A-0 991 1053, EP-A-0 992 1054, EP-A-0 993 1055, EP-A-0 994 1056, EP-A-0 995 1057, EP-A-0 996 1058, EP-A-0 997 1059, EP-A-0 998 1060, EP-A-0 999 1061, EP-A-0 1000 1062, EP-A-0 1001 1063, EP-A-0 1002 1064, EP-A-0 1003 1065, EP-A-0 1004 1066, EP-A-0 1005 1067, EP-A-0 1006 1068, EP-A-0 1007 1069, EP-A-0 1008 1070, EP-A-0 1009 1071, EP-A-0 1010 1072, EP-A-0 1011 1073, EP-A-0 1012 1074, EP-A-0 1013 1075, EP-A-0 1014 1076, EP-A-0 1015 1077, EP-A-0 1016 1078, EP-A-0 1017 1079, EP-A-0 1018 1080, EP-A-0 1019 1081, EP-A-0 1020 1082, EP-A-0 1021 1083, EP-A-0 1022 1084, EP-A-0 1023 1085, EP-A-0 1024 1086, EP-A-0 1025 1087, EP-A-0 1026 1088, EP-A-0 1027 1089, EP-A-0 1028 1090, EP-A-0 1029 1091, EP-A-0 1030 1092, EP-A-0 1031 1093, EP-A-0 1032 1094, EP-A-0 1033 1095, EP-A-0 1034 1096, EP-A-0 1035 1097, EP-A-0 1036 1098, EP-A-0 1037 1099, EP-A-0 1038 1100, EP-A-0 1039 1101, EP-A-0 1040 1102, EP-A-0 1041 1103, EP-A-0 1042 1104, EP-A-0 1043 1105, EP-A-0 1044 1106, EP-A-0 1045 1107, EP-A-0 1046 1108, EP-A-0 1047 1109, EP-A-0 1048 1110, EP-A-0 1049 1111, EP-A-0 1050 1112, EP-A-0 1051 1113, EP-A-0 1052 1114, EP-A-

A-0 234 362, EP-A-0 234 361, EP-A-0 543 817, WO 95/14721, EP-A-0 521 928, EP-A-0 522 420, EP-A-0 522 419, EP-A-0 649 865, EP-A-0 536 712, EP-A-0 596 460, EP-A-0 596 461, EP-A-0 584 818, EP-A-0 669 356, EP-A-0 634 431, EP-A-0 678 536, EP-A-0 354 261, EP-A-0 424 705, WO 97/49745, WO 97/49747, EP-A-0 401 565, EP-B-0 730 613 oder WO 5 95/14721 bekannt.

Bei den erfindungsgemäßen Verfahren B können – wie bereits erwähnt - alle vorstehend bei dem Beschichtungsstoff I beschriebenen Applikations-, Härtungs- und Aufrauhmethoden und –vorrichtungen zur Anwendung kommen.

10

Die erfindungsgemäßen Klarlackschichten A und die erfindungsgemäßen Mehrschichtlackierungen B weisen aufgrund ihrer glasartigen Oberfläche eine außerordentlich hohe Kratzfestigkeit auf. Diese vorteilhafte Eigenschaft wird ergänzt durch ein hervorragendes optisches Eigenschaftsprofil sowie eine hervorragende 15 Witterungsbeständigkeit und Chemikalienbeständigkeit. Dadurch werden Kraftfahrzeuge, Kunststoffteile, Möbel und sonstige Teile für den privaten oder industriellen Gebrauch, inklusive Coils und Container, welche mindestens eine erfindungsgemäße Klarlackierung A und/oder mindestens eine erfindungsgemäße Mehrschichtlackierung B enthalten, in ihrem Wert, ihren Gebrauchseigenschaften und ihrer Gebrauchs dauer Produkten, welche nur 20 herkömmliche Lackierungen enthalten, überlegen.

Beispiele 1 und 2 und Vergleichsversuch V1

25 **Die Herstellung erfindungsgemäßer Klarlackierungen A (Beispiele 1 und 2) sowie einer nicht erfindungsgemäßen Klarlackierung (Vergleichsversuch V1)**

Bei den Beispielen 1 und 2 und bei dem Vergleichsversuch V1 wurde jeweils eine Klarlackschicht I aus einem Beschichtungsstoff I auf Prüftafeln aus PMMA appliziert, während 6 min vorgetrocknet und durch UV-Strahlung einer Energie von 1 bis 2 30 millijoules/cm² teilweise ausgehärtet. Die Klarlackschicht I wurde in allen Fällen in einer solchen Naßschichtdicke aufgetragen, daß in den vollständig ausgehärteten 35 Trockenschichtdicken der Beispiele 1 und 2 und des Vergleichsversuchs V1 eine Trockenschichtdicke von 25 bis 27 µm resultierte.

Der Beschichtungsstoff I bestand aus 100 Gewichtsteilen eines Urethan(meth)acrylats, welches frei von Hydroxylgruppen war (Ebecryl® 5129 der Firma UCB), 100 Gewichtsteilen eines Polyesterpolyols (Desmophen® der Firma Bayer AG), 2,5 Gewichtsteilen eines handelsüblichen Photoinitiators (Irgacure® 819 der Firma Ciba und 5 Lucirin® TPO der Firma BASF AG), 0,6 Gewichtsteilen eines handelsüblichen UV-Absorbers und Lichtschutzmittels (Mischung aus Tinuvin® 400 und Neutral-HALS der Firma Ciba sowie einem sterisch gehinderten Phenol) und 50 Gewichtsteilen eines handelsüblichen oligomeren Acrylats mit freien Isocyanatgruppen und Acrylatgruppen (Roskydal® 2545 der Firma Bayer AG). Der Beschichtungsstoff I wurde für die Applikation 10 mit einem geeigneten organischen Lösemittel (Gemisch aus Butylacetat, n-Butanol und Ektapro®) auf Spritzviskosität eingestellt.

Auf die partiell ausgehärtete Klarlackschicht I wurde der Beschichtungsstoff II in einer solchen Naßschichtdicke der Klarlackschicht II appliziert, daß nach der vollständigen 15 Aushärtung eine Trockenschichtdicke von 4 bis 6 µm resultierte.

Im Falle des Beispiels 1 bestand der Beschichtungsstoff II aus 30 Gewichtsteilen eines handelsüblichen (Meth)Acrylatoligomeren (Ebecryl® IRR351 der Firma UCB), 10 Gewichtsteilen eines handelsüblichen Reaktivverdünners (Servocure® RTT 192 der Firma 20 Servo Delden), 10 Gewichtsteilen einer handelsüblichen Dispersion von Nanopartikeln in einem multifunktionellen Monomeren (High Link® OG 103-31 von der Firma Clariant Hoechst), 2 Gewichtsteilen eines handelsüblichen Photoinitiators (Lucirin® TPO der Firma BASF AG), 1 Gewichtsteil eines handelsüblichen UV-Absorbers (Cyagard 1164L der Firma Cytec, sowie 0,05 Gewichtsteilen eines handelsüblichen Netzmittels auf Siloxanbasis. Der 25 Beschichtungsstoff I wurde für die Applikation mit einem geeigneten organischen Lösemittel (Gemisch aus Butylacetat, n-Butanol und Ektapro®) auf Spritzviskosität (Festkörpergehalt etwa 30 bis 40 Gew.-%) eingestellt.

Der Beschichtungsstoff II des Beispiels 2 entsprach demjenigen des Beispiels 1, nur daß 30 hierin noch zusätzlich 10 Gewichtsteile Siliziumdioxid (Aerosil®) enthalten waren.

Der Beschichtungsstoff II des Vergleichsversuchs VI entsprach dem Beschichtungsstoff des Beispiels 1, nur daß hierin kein High Link® OG 103-31 enthalten war.

In den Beispielen 1 und 2 sowie in dem Vergleichsversuch V1 wurden die Klarlackschichten I und II nach einer Ruhezeit von 6 min bei 50 bis 60 °C mit UV-Strahlung (1 bis 3 Joules/cm²) und thermisch (10 min bei 90 °C) vollständig ausgehärtet.

5 Die Klarlackschichten wurden dem Abriebtest Taber 5131 mit 100 und 500 Touren mit einer Belastung von einem Kilogramm pro Arm unterzogen. Entsprechende Vorrichtungen sind von der Firma ERICHSEN, F-92508 Rueil-Malmaison, Cedex, Frankreich, erhältlich. Nach der Belastung wurde der Haze nach DIN 67530 bestimmt. Zum Vergleich wurde noch die Abriebfestigkeit reiner Kunststofftafeln aus PMMA und PC bestimmt. Die Tabelle gibt eine
10 Übersicht über die erhaltenen Meßergebnisse. Der Vergleich der Haze-Werte in der Tabelle belegt die überlegene Kratzfestigkeit der erfindungsgemäßen Klarlackschichten A, welche hervorragend dazu geeignet sind, empfindliche Kunststoffoberflächen kratzfest auszurüsten.

15 **Tabelle: Die Haze-Werte (Verluste der Lichtdurchlässigkeit in Prozent) der erfindungsgemäßen (Beispiele 1 und 2) und der nicht erfindungsgemäßen (Vergleichsversuch V1) Klarlackschichten**

	Beispiel oder Vergleichsversuch	Verlust der Lichtdurchlässigkeit nach:	
		100 Touren (%)	500 Touren (%)
20 Nr.			
	V1	8	22
25	1	4	11
	2	3	9
	PMMA (zum Vergleich)	30	41
30	PC (zum Vergleich)	46	59

23.04.1999

Des weiteren wurden die erfindungsgemäßen Klarlackschichten der Beispiele 1 und 2 dem für die Alltagspraxis relevanten Schlüsseltest unterzogen. Zu diesem Zweck wurden sie mit einem BIC®-Stift mit einer Kugel von 2 mm Durchmesser unter Belastung geritzt. Hierbei zeigte es sich, daß die erfindungsgemäßen Klarlackschichten erst ab einer Belastung von 5 2.000 g anzukratzen waren. Die entsprechende Belastung liegt bei dem siloxanhaltigen Einbrennklarlack, welche bei diesem Test als Standard verwendet wird, bei 500 g.

Patentansprüche

1. Hochkratzfeste mehrschichtige Klarlackierung A für ein grundiertes oder ungrundiertes Substrat, herstellbar, indem man

5

(1) mindestens eine Klarlackschicht I aus einem mit aktinischer Strahlung und thermisch härtbaren Beschichtungsstoff I auf die Oberfläche des Substrats appliziert und partiell aushärtet und

10

(2) eine weitere Klarlackschicht II aus einem mit aktinischer Strahlung sowie gegebenenfalls thermisch härtbaren Beschichtungsstoff II, enthaltend Nanopartikel, auf die Oberfläche der Klarlackschicht(en) I appliziert, wonach man

15

(3) die Klarlackschichten I und II gemeinsam mit aktinischer Strahlung und thermisch aushärtet.

2. Hochkratzfeste mehrschichtige Klarlackierung A für ein grundiertes oder ungrundiertes Substrat, herstellbar, indem man

20

(1) mindestens eine Klarlackschicht I aus einem mit aktinischer Strahlung und thermisch härtbaren Beschichtungsstoff I auf die Oberfläche des Substrats appliziert, aushärtet und aufrauht,

25

(2) eine weitere Klarlackschicht II aus einem mit aktinischer Strahlung sowie gegebenenfalls thermisch härtbaren Beschichtungsstoff II, enthaltend Nanopartikel, auf die äußere Oberfläche der Klarlackschicht(en) I appliziert, wonach man

30

(3) die Klarlackschicht II mit aktinischer Strahlung und gegebenenfalls thermisch aushärtet.



11. Ausführungsbeispiel einer mehrschichtigen Klarlackierung A für ein grundiertes oder ungrundiertes Substrat, herstellbar, indem man

5 (1) mindestens eine farb- und/oder effektgebende Basislackschicht III aus einem thermisch sowie gegebenenfalls mit aktinischer Strahlung härtbaren pigmentierten Beschichtungsstoff III auf die Oberfläche des Substrats appliziert und, ohne auszuhärten, trocknet,

10 (2) mindestens eine Klarlackschicht I aus einem mit aktinischer Strahlung und thermisch härtbaren Beschichtungsstoff I auf die Oberfläche der Basislackschicht III naß-in-naß appliziert und partiell aushärtet

15 (3) eine weitere Klarlackschicht II aus einem mit aktinischer Strahlung sowie gegebenenfalls thermisch härtbaren Beschichtungsstoff II, enthaltend Nanopartikel, auf die Oberfläche der Klarlackschicht(en) I appliziert, wonach man

15 (4) die Basislackschicht(en) III und die Klarlackschichten I und II gemeinsam mit aktinischer Strahlung und thermisch aushärtet.

20 4. Hochkratzfeste farb- und/oder effektgebende Mehrschichtlackierung B für ein grundiertes oder ungrundiertes Substrat, herstellbar, indem man

25 (1) mindestens eine farb- und/oder effektgebende Basislackschicht III aus einem thermisch sowie gegebenenfalls mit aktinischer Strahlung härtbaren pigmentierten Beschichtungsstoff III auf die Oberfläche des Substrats appliziert und, ohne auszuhärten, trocknet,

(2) mindestens eine Klarlackschicht I aus einem mit aktinischer Strahlung und thermisch härtbaren Beschichtungsstoff I auf die Oberfläche der Basislackschicht III naß-in-naß appliziert,

30 (3) die Basislackschicht III und Klarlackschicht(en) I gemeinsam thermisch und
und aktinisch auszuhärten

(4) die äußere Oberfläche der Klarlackschicht(en) I aufrauht,

5 (5) eine weitere Klarlackschicht II aus einem mit aktinischer Strahlung sowie gegebenenfalls thermisch härtbaren Beschichtungsstoff II, enthaltend Nanopartikel, auf die äußere Oberfläche der Klarlackschicht(en) I appliziert, wonach man

10 (6) die Klarlackschicht II mit aktinischer Strahlung und gegebenenfalls thermisch aushärtet.

15 5. Verfahren zur Herstellung einer hochkratzfesten mehrschichtigen Klarlackierung A auf einem grundierten oder ungrundierten Substrat, bei dem man

20 (1) mindestens eine Klarlackschicht I aus einem mit aktinischer Strahlung und thermisch härtbaren Beschichtungsstoff I auf die Oberfläche des Substrats appliziert und partiell aushärtet und

25 (2) eine weitere Klarlackschicht II aus einem mit aktinischer Strahlung sowie gegebenenfalls thermisch härtbaren Beschichtungsstoff II, enthaltend Nanopartikel, auf die Oberfläche der Klarlackschicht(en) I appliziert, wonach man

30 (3) die Klarlackschichten I und II gemeinsam mit aktinischer Strahlung und thermisch aushärtet.

25 6. Verfahren zur Herstellung einer hochkratzfesten mehrschichtigen Klarlackierung A auf einem grundierten oder ungrundierten Substrat, bei dem man

30 (1) mindestens eine Klarlackschicht I aus einem mit aktinischer Strahlung und thermisch härtbaren Beschichtungsstoff I auf die Oberfläche des Substrats appliziert, aushärtet und aufrauht,

35 (2) eine weitere Klarlackschicht II aus einem mit aktinischer Strahlung sowie gegebenenfalls thermischen härtbaren Beschichtungsstoff II, enthaltend

Nanopartikel, auf die äußere Oberfläche der Klarlackschicht(en) I appliziert, wonach man

7. Verfahren zur Herstellung einer hochkratzfesten farb-und/oder effektgebende Mehrschichtlackierung B auf einem grundierten oder ungrundierten Substrat, bei dem man

- (3) die Klarlackschicht II mit aktinischer Strahlung und gegebenenfalls thermisch aushärtet.

8. Verfahren zur Herstellung einer hochkratzfesten farb-und/oder effektgebende Mehrschichtlackierung B auf einem grundierten oder ungrundierten Substrat, bei dem man

- (1) mindestens eine farb- und/oder effektgebende Basislackschicht III aus einem thermisch sowie gegebenenfalls mit aktinischer Strahlung härtbaren pigmentierten Beschichtungsstoff III auf die Oberfläche des Substrats appliziert und, ohne auszuhärten, trocknet,
- (2) mindestens eine Klarlackschicht I aus einem mit aktinischer Strahlung und thermisch härtbaren Beschichtungsstoff I auf die Oberfläche der Basislackschicht III naß-in-naß appliziert und partiell aushärtet und
- (3) eine weitere Klarlackschicht II aus einem mit aktinischer Strahlung sowie gegebenenfalls thermisch härtbaren Beschichtungsstoff II, enthaltend Nanopartikel, auf die Oberfläche der Klarlackschicht(en) I appliziert, wonach man
- (4) die Basislackschicht(en) III und die Klarlackschichten I und II gemeinsam mit aktinischer Strahlung und thermisch aushärtet.

überliefert: eine Schicht aus der effektgebenden Basisdeckelschicht (II) mit einem thermisch sowie gegebenenfalls mit aktinischer Strahlung härtbaren

pigmentierten Beschichtungsstoff III auf die Oberfläche des Substrats appliziert und, ohne auszuhärten, trocknet,

(2) mindestens eine Klarlackschicht I aus einem mit aktinischer Strahlung und thermisch härtbaren Beschichtungsstoff I auf die Oberfläche der Basislackschicht III naß-in-naß appliziert,

(3) die Basislackschicht III und Klarlackschicht(en) I gemeinsam thermisch und mit aktinischer Strahlung aushärtet,

10

(4) die äußere Oberfläche der Klarlackschicht(en) I aufrauht,

(5) eine weitere Klarlackschicht II aus einem mit aktinischer Strahlung sowie gegebenenfalls thermisch härtbaren Beschichtungsstoff II, enthaltend Nanopartikel, auf die äußere Oberfläche der Klarlackschicht(en) I appliziert, wonach man

15

(6) die Klarlackschicht II mit aktinischer Strahlung und gegebenenfalls thermisch aushärtet.

20

9. Die Klarlackierung A nach Anspruch 1 oder 2, die Mehrschichtlackierung B nach Anspruch 3 oder 4, das Verfahren zur Herstellung der Klarlackierung A nach Anspruch 5 oder 6 und das Verfahren zur Herstellung der Mehrschichtlackierung B nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Beschichtungsstoff II Nanopartikel auf der Basis von Siliziumdioxid, Aluminiumoxid und Zirkoniumoxid enthält.

25

10. Die Klarlackierung A nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 9, die Mehrschichtlackierung B nach einem der Ansprüche 3, 4 oder 9, das Verfahren zur Herstellung der Klarlackierung A nach einem der Ansprüche 5, 6 oder 9 und das Verfahren zur Herstellung der Mehrschichtlackierung B nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Beschichtungsstoff I

30

(a1) mindestens einen Bestandteil mit

(a11) mindestens zwei funktionellen Gruppen, welche der Vernetzung mit aktinischer Strahlung dienen, und gegebenenfalls

5 (a12) mindestens einer funktionellen Gruppe, welche mit einer komplementären funktionellen Gruppe (a22) im Bestandteil (a2) thermische Vernetzungsreaktionen eingehen können,

und

10

(a2) mindestens einen Bestandteil mit

(a21) mindestens zwei funktionellen Gruppen, welche der Vernetzung mit aktinischer Strahlung dienen, und

15

(a22) mindestens einer funktionellen Gruppe, welche mit einer komplementären funktionellen Gruppe (a12) im Bestandteil (a1) thermische Vernetzungsreaktionen eingehen kann,

20

sowie gegebenenfalls

(a3) mindestens einen Photoinitiator,

(a4) mindestens einen Initiator der thermischen Vernetzung,

25

(a5) mindestens einen mit aktinischer Strahlung und/oder thermisch härtbaren Reaktivverdünner,

(a6) mindestens ein Lackadditiv und/oder

30

(a7) mindestens einen thermisch härtbaren Bestandteil,

mit der Maßgabe, daß der Beschichtungsstoff I mindestens einen thermisch härtbaren Bestandteil (a7) enthält, wenn der Bestandteil (a1) keine funktionelle Gruppe (a12) aufweist.

5 11. Die Klarlackierung A, die Mehrschichtlackierung B, das Verfahren zur Herstellung der Klarlackierung A oder das Verfahren zur Herstellung der Mehrschichtlackierung B nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei den funktionellen Gruppen (a11) und (a21) um olefinisch ungesättigte Gruppen oder Epoxidgruppen, insbesondere olefinisch ungesättigte Gruppen, bei den funktionellen Gruppen (a12) um Hydroxylgruppen und bei den komplementären funktionellen Gruppen (a22) und Isocyanatgruppen handelt.

10

12. Die Klarlackierung A, die Mehrschichtlackierung B, das Verfahren zur Herstellung der Klarlackierung A oder das Verfahren zur Herstellung der Mehrschichtlackierung B nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei dem Bestandteil (a1) um ein Urethan(meth)acrylat und bei dem Bestandteil (a2) um ein (meth)acrylatfunktionelles (Meth)Acrylatcopolymerisat mit freien Isocyanatgruppen und/oder um ein (meth)acrylatfunktionelles Polyisocyanat handelt.

15

20 13. Die Verwendung der Klarlackierung A gemäß einem der Ansprüche 1, 2 oder 9 bis 12, der Mehrschichtlackierungen B gemäß einem der Ansprüche 3, 4 oder 9 bis 12, des Verfahrens zur Herstellung der Klarlackierung A gemäß einem der Ansprüche 5, 6 oder 9 bis 12 oder des Verfahrens zur Herstellung der Mehrschichtlackierung B gemäß einem der Ansprüche 7 bis 12 in der Kraftfahrzeugserienlackierung, der Kraftfahrzeugreparaturlackierung, der Kunststofflackierung, der Möbellackierung und der industriellen Lackierung, inklusive Coil Coatings und Container Coatings.

25

14. Kraftfahrzeuge, Kunststoffteile, Möbel und sonstige Teile für den privaten oder industriellen Gebrauch, inklusive Coils und Container, enthaltend mindestens eine Klarlackierung A gemäß einem der Ansprüche 1, 2 oder 9 bis 12, mindestens eine Mehrschichtlackierung B gemäß einem der Ansprüche 3, 4 oder 9 bis 12, mindestens eine mit Hilfe des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 5, 6 oder 9 bis 12 hergestellte Klarlackierung A und/oder mindestens eine mit Hilfe des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 7 bis 12 hergestellte Mehrschichtlackierung B.

30

Zusammenfassung

Hochkratzfeste mehrschichtige Klarlackierungen und diese enthaltende Mehrschichtlackierungen für grundierte oder ungrundierte Substrate sind herstellbar, indem man

- 5 (1) mindestens eine Klarlackschicht I aus einem mit aktinischer Strahlung und thermisch härtbaren Beschichtungsstoff I auf die Oberfläche des Substrats oder naß-in-naß auf die Oberfläche einer Basislackschicht III appliziert und partiell aushärtet und
- 10 (2) eine weitere Klarlackschicht II aus einem mit aktinischer Strahlung sowie gegebenenfalls thermisch härtbaren Beschichtungsstoff II, enthaltend Nanopartikel, auf die Oberfläche der Klarlackschicht(en) I appliziert, wonach man
- 15 (3) die Klarlackschichten I und II sowie gegebenenfalls die Basislackschicht III gemeinsam mit aktinischer Strahlung und thermisch aushärtet.

In einer alternativen Ausführungsform können die Klarlackschichten I gegebenenfalls zusammen mit den Basislackschichten III vollständig mit aktinischer Strahlung und 20 thermisch ausgehärtet werden, wonach man die äußere Oberfläche der Klarlackschichten I aufrauht, mit der Klarlackschicht II beschichtet und dieser mit aktinischer Strahlung sowie gegebenenfalls thermisch aushärtet.

